



ADMINISTRACIÓN
DE LA PRODUCCIÓN

RENDER
HEIZER

PEARSON
Prentice
Hall®

ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Barry Render

*Charles Harwood Professor of Operations Management
Crummer Graduate School of Business
Rollins College*

Jay Heizer

*Jesse H. Jones Professor of Business Administration
Texas Lutheran University*

TRADUCCIÓN:

María Isabel Pérez de Lara Choy
Traductora profesional

REVISIÓN TÉCNICA:

M. en C. Marcia Aída González Osuna
*Facultad de Ciencias, Universidad Nacional
Autónoma de México
Ingeniería de Sistemas, Área Industrial
University of Arizona*

Carlos J. García Meza, PhD
*Profesor del Departamento de Ingeniería
Industrial y de Sistemas,
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores
de Monterrey, campus Monterrey*

Iván Andrés Arana Solares

*Ingeniero Químico Administrador
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores
de Monterrey, campus Monterrey
Profesor y consultor
Departamento de Ingeniería Industrial
y de Sistemas, Instituto Tecnológico y de
Estudios Superiores de Monterrey,
campus Estado de México*



RENDER, BARRY y HEIZER, JAY

Administración de la producción

PEARSON EDUCACIÓN, México, 2007

ISBN: 978-970-26-0957-5

Área: Administración

Formato: 21 × 27 cm

Páginas: 472

Editor: Hugo Rivera Oliver

e-mail: hugo.rivera@pearsoned.com

Editor de desarrollo: Felipe Hernández Carrasco

Supervisor de producción: José D. Hernández Garduño

Ésta es una adaptación de la obra original ISBN 013101613X titulada *Principles of operations management 5/e*, de Jay Heizer y Barry Render, publicada por Pearson Education Inc., publicada como Prentice Hall Inc. Copyright © 2004. Todos los derechos reservados

PRIMERA EDICIÓN, 2007

D.R. © 2007 por Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Atacomulco 500-5° Piso

Industrial Atoto

3519 Naucalpan de Juárez, Edo. de México

Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Reg. Núm. 1031.

Prentice-Hall es una marca registrada de Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito del editor.

El préstamo, alquiler o cualquier otra forma de cesión de uso de este ejemplar requerirá también la autorización del editor o de sus representantes.

ISBN 10: 970-26-0957-7

ISBN 13: 978-970-26-0957-5

Impreso en México. *Printed in Mexico.*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 10 09 08 07

PRÓLOGO



Cuando Hard Rock Cafe abrió el 14 de junio de 1971, nadie imaginaba el impacto global que tendría. El logro de 92% de reconocimiento de la marca y la satisfacción que experimentamos por ser el noveno logotipo más reconocido en el mundo siguen emocionando a la familia de Hard Rock.

Después de más de tres décadas, seguimos vigentes y aún me preguntan: “¿cuál es el secreto de tu éxito?” Honestamente, no estoy seguro. Sin embargo, si sé que nuestro lema “ama a todos, sirve a todos” no es sólo un eslogan *buena onda*, sino nuestro estilo de vida. También estoy seguro de que la gente más grandiosa en todos los niveles de la organización trabaja para nosotros. Como grupo interdependiente, estamos apasionadamente comprometidos a subordinarnos a un propósito mayor: hacer de nuestros más de 35 millones de huéspedes anuales “fanáticos delirantes” de nuestros negocios alrededor del mundo, en 38 países.

En la actualidad, Hard Rock Cafe se compone de muchas extensiones de negocios más allá del núcleo de nuestro negocio del restaurante. Éstas incluyen Hotel & Casinos Hard Rock, Hard Rock en Vivo, Academia Hard Rock, Hard Rock Vault, Discos Hard Rock, Programa de Radio Hard Rock y Hard Rock Getaways. Sin embargo, aunque todas ellas son extensiones importantes de la marca, ninguna tiene la importancia crucial de los Hard Rock Cafe, ya que son en realidad el motor de esta maravillosa marca. Como organización, hemos adoptado en este punto una cultura motivada por la administración de operaciones, que podemos ilustrar mediante un triángulo invertido en cuya base me encuentro yo, el director general, y en la parte alta nuestros clientes, luego nuestro personal y después nuestro equipo de operaciones. Si bien todas nuestras disciplinas clave (como marketing, finanzas, tecnología de la información, recursos humanos, etc.), son de suma importancia para que nuestro negocio mantenga un crecimiento sostenido, ninguna de ellas es tan decisiva para nuestros objetivos a corto y largo plazos como nuestras operaciones cotidianas. Sin duda, la administración de operaciones cumple día tras día con nuestros clientes en el momento de la verdad.

A lo largo de este estupendo libro ustedes disfrutarán de una visión tras bambalinas del Hard Rock, a través de casos de estudio con vasta información, los cuales, estoy seguro, encontrarán fascinantes y significativos, tanto en lo personal como en el plano educativo. Tengo la distinción y el honor de ser el primer presidente y director general de Hard Rock Cafe que cuenta con un historial enfocado en la administración de operaciones. Estoy plenamente convencido de que esto es una ventaja real, puesto que disfruto al tratar con las personas, los productos y las plantas físicas de nuestro motor masivo... los propios Hard Rock Cafe.

Confesamos que no hay cajas registradoras en nuestras oficinas corporativas, sólo apoyo, guía y una pasión sin paralelo por nuestro equipo de operaciones y por la experiencia de la comida, la venta al menudeo y el entretenimiento que brindamos a nuestros leales clientes en todo el mundo.

A medida que lea este libro y avance en su curso de administración de operaciones, lo invitamos a que nos visite muchas veces, tanto en línea como fuera de ella. El sitio Web de su libro tiene un vínculo directo con el sitio de Hard Rock Cafe. Allí encontrará, sólo para usted, concursos, descuentos, oportunidades para pasar noches gratis en nuestro hotel y otras ofertas especiales.

Todo es uno... Amar a todos... Servir a todos... Salvar al planeta... Tomar el tiempo para ser amable... La humanidad es el instrumento... Música para la vida... El Rock & Roll llega de nuevo.

Paz sin silencio.

PETE BEAUDRAULT

Presidente y director ejecutivo

Hard Rock Cafe International, Inc.

Orlando, Florida, Estados Unidos

**MAESTROS PARTICIPANTES EN LA ELABORACIÓN DEL LIBRO A LA
MEDIDA DE ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

M.A. FRANCISCO CERVANDO VELAZQUEZ PEREZ

M.A. KARINNA IDALIA HOLGUIN MAGALLANES

P.A. EDMUNDO GONZALEZ NUÑEZ

Contenido

Prólogo iii

Prefacio xi

1. Operaciones y productividad 1

Perfil global de la compañía: Administración de operaciones en Hard Rock Cafe 2

¿Qué es la administración de operaciones? 4

Organización para producir bienes y servicios 4

¿Por qué estudiar administración de operaciones 4

¿Qué hacen los administradores de operaciones? 6

¿Cómo está organizado este libro? 6

La herencia de la administración de operaciones 7

Operaciones en el sector servicios 9

Diferencias entre bienes y servicios 9

Crecimiento de los servicios 10

Salarios en los servicios 11

Nuevas y emocionantes tendencias en la administración de operaciones 12

El reto de la productividad 13

Medición de la productividad 14

Variables de productividad 16

Productividad y el sector servicios 18

El reto de la responsabilidad social 18

Resumen 19 • Términos clave 19 • Problemas resueltos 19 • Ejercicios en Internet 20 • Preguntas para analizar 20 • Ejercicio de razonamiento crítico 21 • Problemas 21 • Problemas de tarea en Internet 22 • Caso de estudio: National Air Express 23

• Caso de estudio: Zychol Chemicals Corporation 23 • Caso de estudio en video: Hard Rock Cafe: Administración de operaciones en los servicios 24

• Caso de estudio adicional 24 • Bibliografía 24

• Recursos de Internet 24

2. Estrategia de operaciones en un entorno global 25

Perfil global de la compañía: La estrategia global de Boeing le reditúa ventaja competitiva 26

Una visión global de las operaciones 28

Aspectos culturales y éticos 31

Desarrollo de misiones y estrategias 31

Misión 31

Estrategia 32

Logro de una ventaja competitiva mediante las operaciones 33

Compitiendo en diferenciación 34

Compitiendo en costo 34

Compitiendo en respuesta 35

Diez decisiones estratégicas en administración de operaciones 36

Aspectos sobre la estrategia de operaciones 39

Investigación 39

Condiciones previas 40

Dinámica 40

Desarrollo e implementación de la estrategia 41

Identificación de los factores críticos para el éxito 41

Construcción de la organización y asignación de personal 43

Integración de la administración de operaciones con otras actividades 43

Opciones de estrategia en las operaciones globales 44

Estrategia internacional 45

Estrategia multidoméstica 45

Estrategia global 45

Estrategia trasnacional 46

Resumen 46 • Términos clave 47 • Problema resuelto 47 • Ejercicios en Internet 47 • Preguntas para analizar 48 • Ejercicio de razonamiento crítico 48 • Problemas 48 • Caso de estudio: Minit-Lube, Inc. 49 • Caso de estudio en video: Estrategia en Regal Marine 49 • Caso de estudio en video: Estrategia global de Hard Rock Cafe 50 • Casos de estudio adicionales 51 • Bibliografía 51 • Recursos de Internet 52

3. Diseño de bienes y servicios 53

Perfil global de la compañía: La estrategia de producto proporciona ventaja competitiva en Regal Marine 54

Selección de bienes y servicios 56

Las opciones de estrategia de producto apoyan la ventaja competitiva 56

Ciclos de vida del producto 57

Ciclo de vida y estrategia 58

Análisis del producto por su valor 58

Generación de nuevos productos 58

Oportunidades del nuevo producto 58

Importancia de los nuevos productos 59

Desarrollo de productos 60

Sistema de desarrollo del producto 60

Despliegue de la función de calidad (DFC) 61

Organización para el desarrollo de producto 63

Manufacturabilidad e ingeniería de valor 64

| | |
|--|--|
| Consideraciones para el diseño de productos 64 | |
| <i>Diseño robusto</i> 65 | |
| <i>Diseño modular</i> 65 | |
| <i>Diseño asistido por computadora (CAD)</i> 65 | |
| <i>Manufactura asistida por computadora (CAM)</i> 66 | |
| <i>Tecnología de realidad virtual</i> 67 | |
| <i>Análisis de valor</i> 67 | |
| <i>Diseños en armonía con el ambiente</i> 68 | |
| Competencia basada en el tiempo 69 | |
| <i>Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa</i> 71 | |
| <i>Sociedades de riesgo compartido</i> 71 | |
| <i>Alianzas</i> 71 | |
| Definición del producto 71 | |
| <i>Decisiones de hacer o comprar</i> 72 | |
| <i>Tecnología de grupos</i> 73 | |
| Documentos para la producción 74 | |
| Diseño del servicio 75 | |
| <i>Documentos para los servicios</i> 76 | |
| Aplicación de árboles de decisiones al diseño de producto 78 | |
| Transición a producción 79 | |
| <i>Resumen</i> 80 • <i>Términos clave</i> 80 • <i>Problema resuelto</i> 80 • <i>Ejercicios en Internet</i> 81 • <i>Preguntas para analizar</i> 81 • <i>Ejercicio de razonamiento crítico</i> 82 • <i>Ejercicio del modelo activo</i> 82 • <i>Problemas</i> 83 • <i>Problemas de tarea en Internet</i> 84 • <i>Caso de estudio: Estrategia de producto en De Mar</i> 84 • <i>Caso de estudio en video: Diseño de producto en Regal Marine</i> 85 • <i>Casos de estudio adicionales</i> 85 • <i>Bibliografía</i> 86 • <i>Recursos de Internet</i> 86 | |

4. Estrategia de proceso 87

| | |
|--|--|
| Perfil global de la compañía: La personalización masiva proporciona ventaja competitiva a Dell Computer 88 | |
| Cuatro estrategias de proceso 90 | |
| <i>Enfoque en el proceso</i> 90 | |
| <i>Enfoque repetitivo</i> 92 | |
| <i>Enfoque en el producto</i> 93 | |
| <i>Enfoque en la personalización masiva</i> 94 | |
| <i>Comparación de las opciones de procesos</i> 96 | |
| Análisis y diseño del proceso 99 | |
| <i>Diagrama de flujo</i> 99 | |
| <i>Gráfica de función-tiempo</i> 99 | |
| <i>Diagramas del proceso</i> 99 | |
| <i>Diseño preliminar del servicio</i> 101 | |
| Diseño del proceso de servicio 102 | |
| <i>Interacción con el cliente y diseño del proceso</i> 102 | |
| <i>Más oportunidades para mejorar los procesos de servicio</i> 103 | |

| | |
|---|--|
| Selección de equipo y tecnología 104 | |
| Tecnología de producción 104 | |
| <i>Tecnología de maquinaria</i> 104 | |
| <i>Sistema de identificación automatizado (AIS)</i> 105 | |
| <i>Control de proceso</i> 106 | |
| <i>Sistemas de visión</i> 106 | |
| <i>Robots</i> 107 | |
| <i>Sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS)</i> 107 | |
| <i>Vehículos de guía automatizada (AGV)</i> 107 | |
| <i>Sistema de manufactura flexible (FMS)</i> 107 | |
| <i>Manufactura integrada por computadora (CIM)</i> 108 | |
| Tecnología en los servicios 109 | |
| Reingeniería de procesos 109 | |
| Procesos en armonía con el ambiente 110 | |
| <i>Resumen</i> 112 • <i>Términos clave</i> 112 • <i>Problema resuelto</i> 112 • <i>Ejercicios en Internet</i> 112 • <i>Preguntas para analizar</i> 113 • <i>Ejercicio de razonamiento crítico</i> 113 • <i>Ejercicio del modelo activo</i> 113 • <i>Problemas</i> 114 • <i>Caso de estudio: Rochester Manufacturing Corporation</i> 115 • <i>Caso de estudio en video: Estrategia de proceso en Wheeled Coach</i> 115 • <i>Casos de estudio adicionales</i> 116 • <i>Bibliografía</i> 116 • <i>Recursos de Internet</i> 116 | |

5. Pronósticos 117

| | |
|--|--|
| Perfil global de la compañía: El pronóstico proporciona a Tupperware una ventaja competitiva 118 | |
| ¿Qué significa pronosticar? 120 | |
| <i>Horizonte de tiempo del pronóstico</i> 120 | |
| <i>Influencia del ciclo de vida del producto</i> 121 | |
| Tipos de pronóstico 121 | |
| La importancia estratégica del pronóstico 121 | |
| <i>Recursos humanos</i> 121 | |
| <i>Capacidad</i> 121 | |
| <i>Administración de la cadena de suministro</i> 121 | |
| Siete pasos en el sistema de pronóstico 122 | |
| Enfoques de pronósticos 122 | |
| <i>Panorama de los métodos cualitativos</i> 122 | |
| <i>Panorama de los métodos cuantitativos</i> 123 | |
| Pronósticos de series de tiempo 123 | |
| <i>Descomposición de una serie de tiempo</i> 124 | |
| <i>Enfoque intuitivo</i> 124 | |
| <i>Promedios móviles</i> 125 | |
| <i>Suavizamiento exponencial</i> 126 | |
| <i>Medición del error del pronóstico</i> 128 | |
| <i>Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia</i> 131 | |
| <i>Proyección de tendencias</i> 134 | |
| <i>Variaciones estacionales en los datos</i> 136 | |
| <i>Variaciones cíclicas en los datos</i> 141 | |

Métodos asociativos de pronóstico: análisis de regresión y correlación 141

Uso del análisis de regresión para pronosticar 141

Error estándar de la estimación 143

Coefficientes de correlación para rectas de regresión 144

Análisis de regresión múltiple 145

Supervisión y control de pronósticos 146

Suavizamiento adaptable 148

Pronóstico enfocado 148

Pronósticos en el sector servicios 148

Resumen 149 • Términos clave 151 • Uso de las hojas de cálculo de Excel para pronósticos 151

• Uso de POM para Windows para pronosticar 152 • Problemas resueltos 152 • Ejercicios en

Internet 154 • Preguntas para analizar 154

• Ejercicio de razonamiento crítico 155 • Ejercicio del modelo activo 155 • Problemas 156 • Problemas de tarea en Internet 164 • Casos de estudio:

Southwestern University: (B) 165 • Casos de estudio: Analog Cell Phone, Inc. 165 • Caso de estudio en video: Pronósticos en Hard Rock

Café 166 • Casos de estudio adicionales 167

• Bibliografía 167 • Recursos de Internet 167

6. Estrategia de distribución física 169

Perfil global de la compañía: McDonald's busca una ventaja competitiva con la nueva distribución de su cocina de alta tecnología 170

La importancia estratégica de las decisiones de la distribución física 172

Tipos de distribuciones 172

Distribución de posición fija 173

Distribución orientada al proceso 174

Software para distribuciones orientadas al proceso 178

Células de trabajo 179

Centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada 180

Distribución física de las oficinas 181

Distribución física en tiendas 183

Entorno de servicio (Servicescapes) 184

Distribuciones para almacenes y almacenamiento 185

Almacenamiento cruzado 185

Almacenamiento aleatorio 186

Personalización 186

Distribución repetitiva y orientada al producto 187

Balanceo de la línea de ensamble 188 • Resumen 192

• Términos clave 192 • Uso de Excel OM para los cálculos de distribución 192 • Uso de POM para Windows en el diseño de la distribución 193

• Problemas resueltos 193 • Ejercicios en Internet 196 • Preguntas para analizar 196 • Ejercicio de

razonamiento crítico 196 • Ejercicio del modelo

activo 196 • Problemas 197 • Problemas de tarea en

Internet 204 • Caso de estudio: Renovación de la licencia de manejo del estado 204 • Caso de estudio en video: Distribución de las instalaciones en

Wheeled Coach 204 • Casos de estudio adicionales

205 • Bibliografía 205 • Recursos de Internet 206

7. Estrategias de localización 207

Perfil global de la compañía: La localización da ventaja competitiva a Federal Express 208

La importancia estratégica de la localización 210

Factores que afectan las decisiones de localización 210

Productividad laboral 211

Tipo de cambio y riesgos en la paridad cambiaria 213

Costos 213

Actitudes 213

Cercanía a los mercados 214

Cercanía a los proveedores 214

Cercanía a los competidores (agrupamiento) 214

Métodos para evaluar las alternativas de localización 214

Método de calificación de factores 214

Análisis de punto de equilibrio de la localización 216

Método del centro de gravedad 217

Modelo de transporte 219

Estrategia de localización para los servicios 219

Cómo seleccionan los lugares las cadenas de hoteles 221

La industria de telemarketing 221

Sistemas de información geográfica 222

Resumen 223 • Términos clave 223 • Uso de Excel OM para la solución de problemas de localización 223 • Uso de POM para Windows 224 • Problemas resueltos 224 • Ejercicios en Internet 226 •

Preguntas para analizar 226 • Ejercicio de

razonamiento crítico 226 • Ejercicio del modelo activo 227 • Problemas 227 • Problemas de tarea en Internet 233 • Caso de estudio: Southern

Recreational Vehicle Company 233 • Caso de estudio: Centro de distribución de Ambrose 234 • Caso de estudio en video: Dónde ubicar el siguiente café de

Hard Rock 234 • Casos de estudio adicionales 235

• Bibliografía 235 • Recursos de Internet 236

8. Recursos Humanos y diseño del trabajo 237

Perfil global de la compañía: Los recursos humanos dan ventaja competitiva a Southwest Airlines 238

Estrategia de Recursos Humanos para la ventaja competitiva 240

Restricciones sobre la estrategia de recursos humanos 240

Planeación de la mano de obra 241
Políticas de estabilidad laboral 241
Horarios de trabajo 241
Clasificaciones del trabajo y reglas laborales 242

Diseño del trabajo 242
Especialización del trabajo 242
Ampliación del trabajo 243
Componentes psicológicos en el diseño del trabajo 244
Equipos autodirigidos 245
Sistemas de motivación e incentivos 246
Ergonomía y métodos de trabajo 247

Lugar de trabajo visual 252

Estándares de mano de obra 253
Resumen 253 • *Términos clave* 254 • *Problema resuelto* 254 • *Ejercicios en Internet* 256
 • *Preguntas para analizar* 256 • *Ejercicio de razonamiento crítico* 256 • *Problemas* 256
 • *Problemas de tarea en Internet* 257 • *Caso de estudio: Karstadt contra J.C. Penney* 257 • *Caso de estudio: La flota a la deriva* 258 • *Caso de estudio en video: Estrategia de recursos humanos de Hard Rock* 259 • *Casos de estudio adicionales* 259
 • *Bibliografía* 260 • *Recursos de Internet* 260

9. Medición del trabajo 261

Estándares de mano de obra y medición del trabajo 262
 Experiencia histórica 263
 Estudio de tiempos 263
 Estándares de tiempo predeterminados 267
 Muestreo del trabajo 269
Resumen 271 • *Términos clave* 272 • *Problemas resueltos* 272 • *Ejercicios en Internet* 273
 • *Preguntas para analizar* 274 • *Ejercicio del modelo activo* 274 • *Problemas* 275 • *Problemas de tarea en Internet* 278 • *Caso de estudio: Jackson Manufacturing Company* 279 • *Casos de estudio adicionales* 279 • *Bibliografía* 279 • *Recursos de Internet* 280

10. Administración de inventarios 281

Perfil global de la compañía: La administración de inventarios proporciona una ventaja competitiva a Amazon.com 282
 Funciones del inventario 284
Tipos de inventarios 284
 Administración de inventarios 285
Análisis ABC 285
Exactitud en los registros 286
Conteo cíclico 286
Control de inventarios para servicios 287
 Modelos de inventarios 288

Demanda independiente contra dependiente 288
Costos de mantener, ordenar y preparar 288

Modelos de almacenes para demanda independiente 289
Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ) 289

Minimización de los costos 290

Puntos de reorden 294

Modelo de la cantidad económica a producir 296

Modelos de descuentos por cantidad 298

Modelos probabilísticos con tiempo de entrega constante 301

Sistemas de periodo fijo (P) 304

Resumen 305 • *Términos clave* 305 • *Uso de Excel OM para inventario* 306 • *Uso de POM para Windows para resolver problemas de inventarios* 307 • *Problemas resueltos* 307 • *Ejercicios en Internet* 308 • *Preguntas para analizar* 308
 • *Ejercicio de razonamiento crítico* 309 • *Ejercicio del modelo activo* 309 • *Problemas* 310 • *Problemas de tarea en Internet* 315 • *Caso de estudio: Southwestern University: (D)* 315 • *Caso de estudio: Mayo Medical Center* 316 • *Caso de estudio: Sturdivant Sound Systems* 316 • *Caso de estudio en video: Control de inventarios en Wheeled Coach* 317 • *Casos de estudio adicionales* 317 • *Bibliografía* 318 • *Recursos de Internet* 318

11. Planeación de requerimientos de materiales (MRP) y ERP 319

Perfil global de la compañía: La planeación de requerimientos de materiales proporciona una ventaja competitiva a Industrias Collins 320
 Requerimientos del modelo de inventario dependiente 322

Programa maestro de producción 322

Listas de materiales 325

Exactitud en los registros de inventario 326

Órdenes de compra pendientes 326

Tiempos de entrega para cada componente 327

Estructura MRP 328

Administración MRP 331

Dinámica MRP 331

MRP y JIT 332

Técnicas para determinar el tamaño de lote 333

Extensiones de MRP 337

MRP de ciclo cerrado 337

Planeación de la capacidad 337

Planeación de requerimientos de materiales II (MRP II) 338

MRP en los servicios 339

Planeación de recursos de distribución (DRP) 340

Planeación de recursos empresariales (ERP) 340

Ventajas y desventajas de los sistemas ERP 342
ERP en el sector servicios 343
Resumen 343 • Términos clave 344 • Uso de Excel OM para resolver problemas MRP 344 • Uso de POM para Windows en la solución de problemas MRP 345
• Problemas resueltos 345 • Ejercicios en Internet 348 • Preguntas para analizar 348 • Ejercicio de razonamiento crítico 348 • Ejercicio del modelo activo 348 • Problemas 349 • Problemas de tarea en Internet 354 • Caso de estudio: El intento de planeación de recursos empresariales de Ikon 354 • Caso de estudio en video: MRP en Wheeled Coach 355
• Casos de estudio adicionales 355 • Bibliografía 355 • Recursos de Internet 356

12. Sistemas justo a tiempo y producción esbelta 357

Perfil global de la compañía: El sistema justo a tiempo (JIT) da ventaja competitiva a Green Gear 358
 Producción justo a tiempo y producción esbelta 360
 Proveedores 361
Metas de las sociedades JIT 362
Preocupaciones de los proveedores 364
 Distribución física para JIT 364
Reducción de distancias 364
Incremento de la flexibilidad 364
Impacto en los empleados 364
Reducción de espacios e inventarios 365
 Inventario 365
Reducción de la variabilidad 365
Reducción del inventario 366
Reducción del tamaño de los lotes 366
Reducción de costos de preparación 368
 Programación 369
Programas nivelados 369
Kanban 369
 Calidad 373
 Delegación de autoridad en los empleados 373
 Producción esbelta 373
 JIT en los servicios 375
Resumen 376 • Términos clave 376 • Problema resuelto 376 • Ejercicios en Internet 377 • Preguntas para analizar 377 • Problemas 377 • Problemas de tarea en Internet 379 • Caso de estudio: Mutual Insurance Company de Iowa 379 • Caso de estudio: JIT después del incendio 381 • Casos de estudio adicionales 381 • Bibliografía 381 • Recursos de Internet 382

13. Administración de la calidad 383

Perfil global de la compañía: La administración de la calidad proporciona una ventaja competitiva en Motorola 383

Calidad y estrategia 386
 Definición de calidad 386
Implicaciones de la calidad 387
Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige 387
Costo de la calidad (COQ) 388
 Estándares internacionales de calidad 388
ISO 9000 388
ISO 14000 389
 Administración de la calidad total 389
Mejora continua 389
Delegación de autoridad en los empleados 390
Punto de comparación 391
Justo a tiempo (JIT) 392
Conceptos de Taguchi 392
Conocimiento de las herramientas de TQM 393
 Herramientas de TQM 394
Hojas de verificación 394
Diagramas de dispersión 394
Diagramas causa y efecto 395
Gráficas de Pareto 396
Diagramas de flujo 396
Histogramas 397
Control estadístico de procesos (SPC) 397
 Función de la inspección 397
Cuándo y dónde inspeccionar 398
Inspección de la fuente 398
Inspección de la industria del servicio 399
Inspección por atributos contra variables 399
 TQM en los servicios 400
Resumen 402 • Términos clave 402 • Ejercicios en Internet 402 • Preguntas para analizar 402
• Ejercicio de razonamiento crítico 403 • Ejercicio del modelo activo 403 • Problemas 403 • Problemas de tarea en Internet 406 • Caso de estudio: Southwestern University: (C) 406 • Caso de estudio en video: Calidad en Ritz-Carlton Hotel Company 407 • Casos de estudio adicionales 408
• Bibliografía 408 • Recursos de Internet 408

14. Control estadístico del proceso 409

Control estadístico del proceso (SPC) 410
Gráficas de control para variables 412
Teorema del límite central 413
Determinación de los límites de la gráfica de la media (gráficas \bar{x}) 414
Determinación de los límites de la gráfica del rango (gráficas R) 416
Uso de las gráficas de media y de rango 416
Gráficas de control para atributos 418
Aspectos de administración y gráficas de control 421

Habilidad del proceso 423

*Razón de habilidad del proceso (C_p) 423**Índice de habilidad del proceso (C_{pk}) 424*

Muestreo de aceptación 425

*Curva característica de operación 425**Calidad de salida promedio 427**Resumen 428 • Términos clave 428 • Uso de Excel OM para SPC 428 • Uso de POM para Windows 428**• Problemas resueltos 429 • Ejercicios en Internet 430 • Preguntas para analizar 430**• Ejercicio del modelo activo 431 • Problemas 431**• Problemas de tarea en Internet 437 • Caso de estudio: Bayfield Mud Company 437 • Caso**de estudio: Puntualidad en Alabama Airlines 438**• Casos de estudio adicionales 439 • Bibliografía 439 • Recursos de Internet 440***15. Mantenimiento y confiabilidad 441**

Perfil global de la compañía: Mantenimiento y confiabilidad son los factores críticos para el éxito de los transbordadores espaciales de la NASA 442

Importancia estratégica del mantenimiento y la confiabilidad 444

Confiabilidad 445

*Mejora de componentes individuales 445**Asignación de redundancia 447*

Mantenimiento 448

*Implantación del mantenimiento preventivo 448**Incremento de las capacidades de reparación 451*

Mantenimiento productivo total 452

Técnicas para establecer políticas de mantenimiento 452

*Resumen 453 • Términos clave 453 • Uso de POM para Windows para resolver problemas de confiabilidad 453 • Problemas resueltos 453**• Ejercicios en Internet 454 • Preguntas para**analizar 454 • Ejercicio de pensamiento crítico 455**• Ejercicio del modelo activo 455 • Problemas 455**• Problemas de tarea en Internet 458 • Caso de**estudio: Worldwide Chemical Company 458 • Casos de estudio adicionales 459 • Bibliografía 459**• Recursos de Internet 460*

Prefacio

Bienvenido a este curso de administración de operaciones (AO). En este libro, presentamos un panorama amplio de las actividades de la función de operaciones. Las operaciones constituyen un área muy atractiva de la administración cuyo impacto es decisivo en la productividad de la manufactura y los servicios. Sin duda, pocas actividades influyen tanto en la calidad de nuestra vida. El objetivo de este libro es presentar una extensa introducción al campo de las operaciones de manera realista y práctica. La administración de operaciones incluye una combinación de materias, como contabilidad, ingeniería industrial, administración, ciencias de la administración y estadística. Aun cuando no planea seguir una carrera en el área de operaciones, es muy probable que interactúe con personas que sí lo hagan. Por ello, contar con bases firmes del papel que desempeñan las operaciones en la organización lo beneficiará de manera sustancial. Este libro también le ayudará a comprender la forma en que la AO afecta su vida y la sociedad. Con toda seguridad, usted entenderá mejor lo que ocurre tras bambalinas cuando ordena una comida en Hard Rock Cafe, hace un pedido en Amazon.com o compra por Internet una computadora Dell personalizada.

Aunque muchos de nuestros lectores no son especialistas en AO, sabemos que los estudiantes de marketing, finanzas, contabilidad y sistemas de información encontrarán que el texto es a la vez interesante y útil, porque en él desarrollamos el conocimiento del trabajo fundamental de la empresa. Más de 350,000 lectores de nuestras ediciones previas parecen avalar esta afirmación.

Operaciones y productividad

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES EN HARD ROCK CAFE

¿QUÉ ES LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES?

ORGANIZACIÓN PARA PRODUCIR BIENES Y SERVICIOS

¿POR QUÉ ESTUDIAR ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES?

¿QUÉ HACEN LOS ADMINISTRADORES DE OPERACIONES?

¿Cómo está organizado este libro?

LA HERENCIA DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

OPERACIONES EN EL SECTOR SERVICIOS

Diferencias entre bienes y servicios

Crecimiento de los servicios

Salarios en los servicios

NUEVAS Y EMOCIONANTES TENDENCIAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

EL RETO DE LA PRODUCTIVIDAD

Medición de la productividad

Variables de productividad

Productividad y el sector servicios

EL RETO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: NATIONAL AIR EXPRESS; ZYCHOL
CHEMICALS CORPORATION

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: HARD ROCK CAFE:
ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES EN LOS SERVICIOS

CASO DE ESTUDIO ADICIONAL

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

*Al terminar de estudiar este capítulo
usted será capaz de*

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Producción y productividad

Administración de operaciones (AO)

Qué hacen los administradores de
operaciones

Los servicios

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Una breve historia de la
administración de operaciones

Las oportunidades de desarrollo en la
administración de operaciones

El futuro de esta disciplina

La medición de la productividad

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

Administración de operaciones en Hard Rock Cafe

En todo el mundo los administradores de operaciones elaboran diariamente los productos que ofrecen bienestar a la sociedad. Estos productos adquieren una multiplicidad de formas; pueden ser lavadoras de ropa en Maytag, películas en Dreamworks, juegos en Disney World o comida en Hard Rock Cafe. Estas empresas producen miles de productos complejos cada día, que entregan cuando sus clientes los ordenan en el momento y el lugar donde los desean. Hard Rock hace esto en todo el mundo, para más de 35 millones de comensales cada año. La tarea es todo un reto y el trabajo de los administradores de operaciones, ya sea de Maytag, Dreamworks, Disney o Hard Rock, es abrumador.

Hard Rock Cafe, con base en Orlando, abrió su primer restaurante en Londres en 1971 y sus más de 30 años de antigüedad lo convierten en el abuelo de los restaurantes temáticos. Otros restaurantes semejantes han ido y venido; sin embargo, Hard Rock se mantiene firme con sus 110 restaurantes en 38 países, y cada año abre nuevas sucursales. Hard Rock forjó su nombre con los recuerdos del rock. Todo comenzó cuando Eric Clapton, uno de sus clientes habituales, marcó su taburete fa-



La distribución eficiente de la cocina, el personal motivado, los horarios rigurosos y los ingredientes correctos, en el lugar preciso y el momento adecuado, son lo que se necesita para deleitar al cliente.

vorito del bar al colgar su guitarra en la pared del café de Londres. Ahora Hard Rock tiene millones de dólares invertidos en recuerdos. Con el fin de que sus clientes regresen una y otra vez, Hard Rock

crea valor en la forma de buena comida y entretenimiento.

Los administradores de operaciones de Hard Rock Cafe en los Estudios Universal de Orlando ofrecen a diario más de 3,500



Hard Rock Cafe, en Orlando, Florida, prepara más de 3,500 comidas al día. Sentar a la mesa a más de 1,500 personas lo hace uno de los restaurantes más grandes del mundo. Los administradores de operaciones de Hard Rock Cafe sirven caliente la comida caliente y fría la comida fría, en el momento y el lugar en que el cliente lo desee.

HARD ROCK CAFE



Los administradores de operaciones están interesados en que la distribución sea atractiva, pero deben asegurarse de que las instalaciones contribuyan al movimiento eficiente de personas y materiales con los controles necesarios para garantizar que las porciones servidas sean las apropiadas.

productos personalizados, en este caso comidas. Estos productos deben diseñarse y probarse, después analizarse en cuanto al costo de sus ingredientes, los requerimientos de mano de obra y la satisfacción del cliente. Una vez aprobado, el elemento del menú se empieza a producir con ingredientes de proveedores calificados. El proceso de producción —de la recepción al almacenamiento en frío, el asa-

do en la parrilla, el horneado o freído y una docena de pasos más— se diseña y mantiene para que el resultado sea una comida de calidad. Los administradores de operaciones también deben preparar una programación eficiente de trabajadores y diseñar distribuciones eficientes, con las mejores personas que puedan reclutar y capacitar. Los administradores que diseñan y entregan con éxito bienes y servi-

cios en todo el mundo comprenden lo que significa la administración de operaciones. En este texto no sólo observamos la forma en que los administradores de Hard Rock crean valor, sino también cómo lo hace una diversidad de administradores en otras industrias. La administración de operaciones es un reto y exige dedicación, pero también es emocionante; afecta nuestra vida todos los días.

Diseñar, probar y costear los platillos implica una gran inversión de trabajo. Por lo tanto, los proveedores deben entregar productos de calidad a tiempo todas las veces, para que los cocineros capacitados preparen comidas de calidad. Pero nada de ello importa a menos que los entusiastas meseros, como los que vemos, hagan su trabajo.



La administración de operaciones (AO) es una disciplina que se aplica a restaurantes como Hard Rock Cafe y a fábricas como Sony, Ford y Maytag. Las técnicas de AO se aplican prácticamente a todas las empresas productivas del mundo. No importa si se aplica en una oficina, una bodega, un restaurante, una tienda departamental o una fábrica, la producción de bienes y servicios necesita administrar las operaciones. La producción *eficiente* de bienes y servicios requiere la aplicación efectiva de los conceptos, herramientas y técnicas de AO, que se presentan en este libro.

Al avanzar, descubriremos cómo manejar las operaciones en una economía global cambiante. Una colección de ejemplos informativos, gráficas, análisis del material e imágenes ilustrará los conceptos y proporcionará información. Observaremos la forma en que los administradores de operaciones crean los bienes y servicios que enriquecen nuestras vidas.

En este capítulo, definimos primero la *administración de operaciones*, explicando su herencia y explorando el emocionante papel que desempeñan los administradores de operaciones en una amplia variedad de negocios. Después, estudiamos qué es producción y productividad tanto en empresas de bienes como de servicios. Esto va seguido del análisis de las operaciones en el sector servicios y el reto que implica administrar un sistema de producción efectivo.

¿QUÉ ES LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES?

Producción

La creación de bienes y servicios.

Administración de operaciones (AO)

Actividades que se relacionan con la creación de bienes y servicios mediante la transformación de insumos en productos terminados.

Producción es la creación de bienes y servicios. **Administración de operaciones (AO)** es el conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos en productos terminados. Las actividades que crean bienes y servicios se realizan en todas las organizaciones. En las empresas de manufactura, las actividades de producción que crean bienes suelen ser bastante obvias. En ellas, podemos ver la creación de un producto tangible, como un televisor Sony o una motocicleta Harley Davidson.

En las organizaciones que no crean productos físicos, la función de producción puede ser menos evidente. Puede estar “escondida” para el público e incluso para el cliente. Ejemplos de ello son las transformaciones que ocurren en un banco, un hospital, la oficina de una aerolínea o una universidad.

A menudo cuando se realizan los servicios, no se producen bienes tangibles. En su lugar, el producto puede tomar la forma de una transferencia de fondos de una cuenta de ahorros a una de cheques, el trasplante de un hígado, la ocupación de un asiento vacío en una aerolínea o la educación de un estudiante. Ya sea que el producto final sea un bien o un servicio, nos referimos a las actividades de producción que ocurren en la compañía como operaciones o *administración de operaciones*.

ORGANIZACIÓN PARA PRODUCIR BIENES Y SERVICIOS

Para crear bienes o servicios, toda organización desarrolla tres funciones (véase la figura 1.1) que son los ingredientes necesarios no sólo para la producción sino para la supervivencia de la organización. Dichas funciones son:

1. *Marketing*, que genera la demanda o, por lo menos, toma el pedido de un producto o servicio (nada ocurre hasta que hay una venta).
2. *Producción/operaciones*, que crea el producto.
3. *Finanzas/contabilidad*, que hace un seguimiento de cómo funciona, paga facturas y recauda dinero una organización.

Universidades, iglesias o sinagogas y negocios, todos desempeñan estas funciones. Incluso grupos de voluntarios como los Boy Scouts of America se organizan para desempeñar estas tres funciones básicas. La figura 1.1 muestra la forma en que un banco, una aerolínea y una empresa de manufactura se organizan para desempeñar estas funciones. Las áreas sombreadas de la figura 1.1 muestran las funciones de operación de estas empresas.

¿POR QUÉ ESTUDIAR ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES?

Estudiamos AO por cuatro razones:

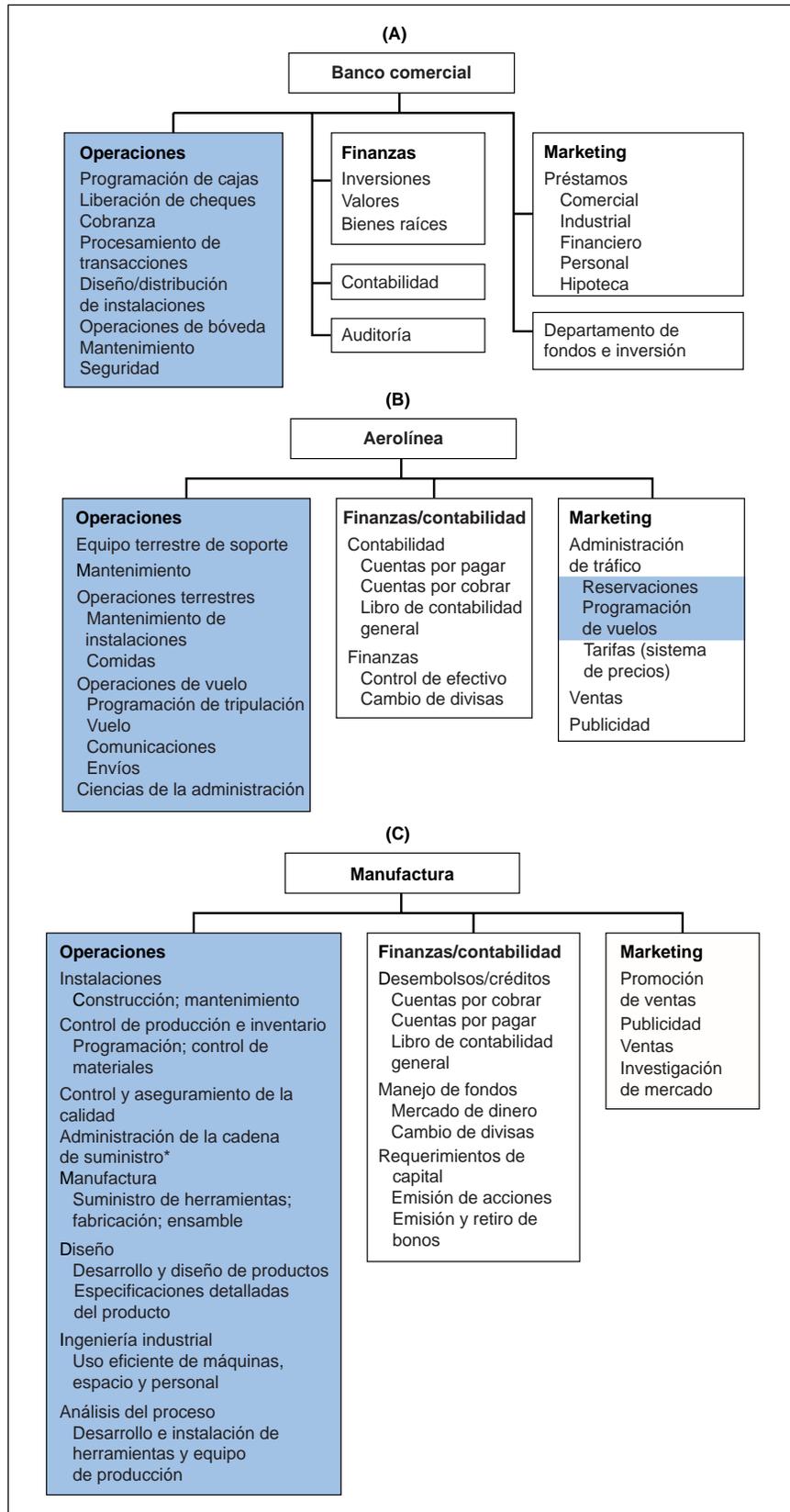
1. La AO es una de las tres funciones principales de cualquier organización y se relaciona integralmente con el resto de las funciones empresariales. Toda organización comercializa (vende), financia (contabiliza) y produce (opera), y es importante saber cómo funciona la actividad de AO. Por consiguiente, estudiamos *la forma en que las personas se organizan para la tarea productiva*.
2. Estudiamos AO porque queremos saber *cómo se producen los bienes y servicios*. La función de producción es el segmento de nuestra sociedad que crea los productos que nosotros usamos.
3. Estudiamos AO para *comprender lo que hacen los administradores de operaciones*. Si entiendo qué hacen, puede desarrollar las habilidades necesarias para convertirse en uno de ellos, lo cual le ayudará a explorar las numerosas y lucrativas oportunidades de desarrollo profesional que existen en la administración de operaciones.

4. Estudiamos AO porque es una *parte muy costosa de la organización*. Un porcentaje importante del ingreso que gasta la mayoría de las empresas se invierte en la función de AO. Sin duda, la AO proporciona una gran oportunidad para que la organización mejore su rentabilidad y renueve su servicio a la sociedad. El ejemplo 1 considera la forma en que una empresa puede incrementar su rentabilidad a través de la función de producción.

FIGURA 1.1 ■

Diagramas de organización de dos empresas de servicios y una de manufactura

A) Un banco, B) una aerolínea, y C) una empresa de manufactura. Las áreas sombreadas son las actividades de AO.



* También se conoce como cadena de proveedores.

Ejemplo 1

Fisher Technologies es una pequeña empresa que debe duplicar la contribución de cada dólar al costo fijo y la utilidad, con el fin de ser suficientemente rentable para comprar la siguiente generación de equipo de producción. La administración ha determinado que si la empresa no logra aumentar dicha contribución, el banco no autorizará el préstamo y el equipo no podrá comprarse. Si la empresa no puede adquirirlo, las limitaciones del equipo antiguo sacarán a Fisher del negocio y, al hacerlo, sus empleados perderán el trabajo y discontinuarán la producción de bienes y servicios para sus clientes.

La tabla 1.1 muestra un estado de utilidades y pérdidas simplificado, y tres opciones estratégicas para la empresa. La primera es la *opción de marketing*, en la que un buen manejo de marketing puede incrementar las ventas en 50%. Al aumentar 50% las ventas, la contribución se incrementa 71%, pero este aumento de 50% en las ventas puede resultar difícil; quizá imposible.

La segunda es una *opción de finanzas/contabilidad*, donde los costos de financiamiento disminuyen a la mitad mediante una buena administración financiera. Pero incluso un 50% de reducción sigue siendo inadecuado para generar el incremento necesario en la contribución. La contribución aumentaría sólo 21%.

La tercera es la *opción de AO*, con la que la administración reduciría los costos de producción 20% e incrementaría 114% la contribución. Dadas las condiciones de nuestro breve ejemplo, Fisher Technologies ha incrementado la contribución de \$10,500 a \$22,500 dólares y ahora se dispone a solicitar fondos adicionales al banco.

TABLA 1.1 ■ Opciones para incrementar la contribución

| | | OPCIÓN DE MARKETING ^a | OPCIÓN DE FINANZAS/ CONTABILIDAD ^b | OPCIÓN DE AO ^c |
|---------------------------|-----------|--|---|-----------------------------------|
| | ACTUAL | AUMENTAR INGRESO POR VENTAS DE 50% | REDUCIR COSTOS FINANCIEROS 50% | REDUCIR COSTOS DE PROD. 20% |
| Ventas | \$100,000 | \$150,000 | \$100,000 | \$100,000 |
| Costo de bienes | −80,000 | −120,000 | −80,000 | −64,000 |
| Margen bruto | 20,000 | 30,000 | 20,000 | 36,000 |
| Costos financieros | − 6,000 | − 6,000 | − 3,000 | − 6,000 |
| Subtotal | 14,000 | 24,000 | 17,000 | 30,000 |
| Impuestos a 25% | − 3,500 | − 6,000 | − 4,250 | − 7,500 |
| Contribución ^d | \$ 10,500 | \$ 18,000 | \$ 12,750 | \$ 22,500 |

^aUn aumento de 50% en las ventas incrementa la contribución en \$7,500 o 71% (7,500/10,500).

^bUna reducción de 50% en los costos financieros incrementa la contribución en \$2,250 o 21% (2,250/10,500).

^cUna reducción de 20% en los costos de producción incrementa la contribución en \$12,000 o 114% (12,000/10,500).

^dContribución a los costos fijos (excluye costos de financiamiento) y la utilidad.

El ejemplo 1 subestima la importancia de una actividad de operaciones efectiva en una empresa. El desarrollo de operaciones cada vez más efectivas es el enfoque que adoptan muchas compañías al enfrentarse a una competencia global creciente.

¿QUÉ HACEN LOS ADMINISTRADORES DE OPERACIONES?

Proceso de administración

Es la aplicación de la planeación, la organización, el personal, el liderazgo y el control al logro de objetivos.

Todo buen administrador desempeña las funciones básicas del proceso de administración. El **proceso de administración** consiste en *planear, organizar, asignar personal, dirigir y controlar*. Los administradores de operaciones aplican este proceso de administración a las decisiones que toman dentro de la función de la AO. Las diez decisiones principales de la AO se muestran en la tabla 1.2. La atención exitosa de cada una de estas decisiones requiere planeación, organización, asignación de personal, *liderazgo* y control. Asimismo, muestra los aspectos relevantes más comunes para estas decisiones y el capítulo donde se estudia cada uno.

¿Cómo está organizado este libro?

Las diez decisiones que se muestran en la tabla 1.2 son actividades que deben realizar los administradores de operaciones. La habilidad para tomar buenas decisiones en estas áreas y para asignar los recursos que aseguren su ejecución efectiva es el camino para una función de operaciones eficiente. El libro se estructura en torno a estas diez decisiones. A lo largo del libro analizamos los aspectos y las herramientas

TABLA 1.2 ■

Diez decisiones críticas de la administración de operaciones

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE LA AO

Diseño de bienes y servicios

Administración de la calidad

Estrategia del proceso

Estrategias de ubicación

Estrategias de distribución

Recursos humanos

Administración de la cadena de suministro

Administración de inventario

Programación

Mantenimiento

| DIEZ ÁREAS DE DECISIÓN | ASPECTOS |
|---|--|
| Diseño de servicio y producto | ¿Qué bien o servicio debemos ofrecer? ¿Cómo debemos diseñar estos productos? |
| Administración de la calidad | ¿Quién es responsable de la calidad? ¿Cómo definimos la calidad? |
| Diseño del proceso y la capacidad | ¿Qué procesos y capacidad requerirán estos productos? ¿Qué equipo y tecnología se necesitan para estos procesos? |
| Localización | ¿Dónde debemos ubicar las instalaciones? ¿En qué criterio debemos basar nuestra decisión de localización? |
| Diseño de la distribución | ¿Cómo debemos arreglar nuestras instalaciones? ¿Qué tan grande debe ser la instalación para cumplir con nuestro plan? |
| Recursos humanos y diseño del trabajo | ¿Cómo proporcionaremos un entorno de trabajo razonable? ¿Cuánto debemos esperar que produzcan nuestros empleados? |
| Administración de la cadena de suministro | ¿Debemos hacer o comprar este componente? ¿Quiénes son nuestros proveedores y quiénes pueden integrarse a nuestro programa de comercio electrónico? |
| Inventario, planeación de requerimientos de material y JIT (justo a tiempo) | ¿Cuánto inventario debemos tener de cada artículo? ¿Cuándo debemos reordenar? |
| Programación a mediano y corto plazos | ¿Estaremos mejor si mantenemos a la gente en la nómina durante periodos de baja actividad? ¿Qué trabajo debemos realizar después? |
| Mantenimiento | ¿Quién es el responsable de mantenimiento? ¿Cuándo debemos realizar el mantenimiento? |

que ayudan a los administradores a tomar esas diez decisiones. También consideramos el impacto que pueden tener estas decisiones en la estrategia de la empresa y en su productividad.

¿Dónde están los trabajos de administración de operaciones? ¿Cómo puede alguien empezar una carrera en operaciones? Las personas que trabajan en las disciplinas mostradas en las áreas sombreadas de la figura 1.1 toman las diez decisiones de AO identificadas en la tabla 1.2. Los estudiantes de negocios preparados que saben contabilidad, estadística, finanzas y administración de operaciones tienen oportunidades de ocupar puestos en el nivel inicial en todas estas áreas. A medida que lea este libro, identifique qué disciplinas le pueden ayudar a tomar estas decisiones. Después, inscríbese a cursos en esas áreas. Cuanto mayor sea el conocimiento del estudiante de AO en contabilidad, estadística, sistemas de información y matemáticas, más oportunidades de trabajo estarán a su disposición. Alrededor de 40% de *todos* los trabajos forman parte de AO. La figura 1.2 muestra algunos anuncios recientes de trabajo.

LA HERENCIA DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

El campo de AO es relativamente nuevo, pero su historia es en verdad interesante. Nuestras vidas y la disciplina de la administración de operaciones han mejorado por las innovaciones y contribuciones de muchos individuos. A continuación mencionaremos algunas de estas personas, y en la figura 1.3 presentamos un resumen de los acontecimientos significativos en la administración de operaciones.

Se atribuye a Eli Whitney (1800) la popularización inicial de las partes intercambiables, que fue posible mediante la estandarización y el control de la calidad. En un contrato que firmó con el gobierno de Estados Unidos por 10 mil mosquetes pudo dar un precio excelente gracias a la idea de partes intercambiables.

FIGURA 1.2 ■

Existen muchas oportunidades para los administradores de operaciones

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">GERENTE DE PLANTA</p> <p>La división de la compañía Fortune 1000 busca gerente de planta para la fábrica localizada en el área norte del Valle de Hudson. Esta planta fabrica equipo portuario de carga para mercados comerciales.</p> <p>El candidato debe tener experiencia en administración de planta incluyendo planeación de la producción, compras y administración de inventarios. Buena habilidad para la comunicación oral y escrita es indispensable, así como una excelente comprensión y aplicación de las técnicas de manejo de personal.</p> | <p style="text-align: center;">Director de compras</p> <p>Distribuidor de línea completa de alimentos bien establecido busca agente de compras con experiencia para apoyar la rápida expansión de sus ventas de servicio de alimentos. Debe conocer a fondo las funciones de compras cotidianas, tener habilidad para revisar los programas de ventas, establecer niveles operativos mínimos y coordinar actividades con la operación. El candidato debe estar preparado para trabajar con los vendedores con la finalidad de desarrollar los catálogos de Internet. Debe conocer bien todas las categorías de alimentos, estar orientado al trabajo en equipo y a la entrega de resultados. El salario depende de la experiencia.</p> |
| <p style="text-align: center;">Gerente de calidad</p> <p>Existen varias vacantes para gerentes de calidad en nuestras pequeñas instalaciones de procesamiento de empaques en el noreste de Florida y sur de California. Estos puestos de alto perfil requieren el uso exhaustivo de herramientas estadísticas para monitorear todos los aspectos de tiempos de entrega y medición de cargas de trabajo. El trabajo supone:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una combinación de práctica en las aplicaciones y el análisis detallado usando bases de datos y hojas de cálculo. 2. Auditorías de procesos para identificar las áreas susceptibles de mejora y 3. Manejo de la implantación de cambios. Los puestos pueden implicar trabajo nocturno y fines de semanas. Envíe su currículo. | <p style="text-align: center;">Consultores en mejora de procesos</p> <p>Empresa consultora en crecimiento busca consultores para diseñar e implantar manufactura esbelta y planes de reducción del tiempo de ciclo, en procesos de servicio y manufactura. Nuestra empresa trabaja actualmente con un banco internacional para mejorar sus operaciones internas así como con varias empresas de manufactura. Se requiere licenciatura en administración de empresas, certificación de APICS deseable.</p> |
| | <p style="text-align: center;">Administrador de cadena de suministro y planificador</p> <p>Las responsabilidades implican la negociación de contratos y el establecimiento de relaciones a largo plazo con los proveedores. Dependemos del candidato elegido para mantener la precisión en el sistema de compras, facturación y devolución de productos. Se requieren grado de licenciatura y más de 2 años de experiencia en un puesto semejante. Conocimientos de planeación de requerimientos de materiales (MRP), capacidad para usar la retroalimentación en el programa maestro y con los proveedores para consolidar pedidos que mejoren el precio y la entrega. Es esencial la experiencia en el manejo de todas las aplicaciones de PC para Windows, en particular Excel y Word. Conviene el conocimiento del sistema de negocios Oracle. Esencial tener habilidades de comunicación oral y escrita.</p> |



Centrados en la personalización

Era de la personalización masiva 1995-2010
 Globalización
 Internet
 Planeación del recurso empresarial
 Organización que aprende
 Estándares de calidad internacionales
 Programación finita
 Administración de la cadena de suministro
 Manufactura ágil
 Comercio electrónico

Centrados en el costo

Primeros conceptos 1776-1880
 Especialización del trabajo (Smith, Babbage)
 Partes estandarizadas (Whitney)

Era de la administración científica 1880-1910
 Gráficas de Gantt (Gantt)
 Estudios de tiempos y movimientos (Gilbreth)
 Análisis de procesos (Taylor)
 Teoría de colas (Erlang)

Centrados en la calidad

Era de la producción en masa 1910-1980
 Línea de ensamble móvil (Ford/Sorensen)
 Muestreo estadístico (Shewhart)
 Lote económico (Harris)
 Programación lineal PERT/CPM (DuPont)
 Planeación de requerimientos de materiales

Centrados en la manufactura esbelta 1980-1995

Justo a tiempo
 Diseño asistido por computadora
 Intercambio electrónico de datos
 Administración total de la calidad
 Premio Baldrige
 Delegación de autoridad
 Kanbans

FIGURA 1.3 ■ Acontecimientos significativos en la administración de operaciones

Principios de la administración científica de Frederick W. Taylor revolucionó la manufactura. Un enfoque científico del análisis del trabajo diario y las herramientas de la industria que a menudo incrementa la productividad 400%.

Atando una cuerda a sus espaldas, Charles Sorensen remolcó un chasis de automóvil por la planta de Ford mientras otros le añadían partes.

Frederick W. Taylor (1881), conocido como el padre de la administración científica, contribuyó a la selección de personal, la planeación y programación, el estudio de movimientos y el actualmente popular campo de la ergonomía. Una de sus principales aportaciones fue el convencimiento de que la administración debía contar con muchos más recursos y tener más voluntad para mejorar los métodos de trabajo. Taylor y sus colegas, Henry L. Gantt y Frank y Lillian Gilbreth, fueron los primeros en buscar de manera sistemática una mejor forma de producir.

Otra de las contribuciones de Taylor fue la certeza de que la administración debía asumir una mayor responsabilidad para:

1. Asignar a los empleados al trabajo correcto.
2. Proporcionar la capacitación apropiada.
3. Brindar los métodos de trabajo y las herramientas adecuados.
4. Establecer incentivos razonables para la realización del trabajo.

Hacia 1913, Henry Ford y Charles Sorensen combinaron sus conocimientos sobre partes estandarizadas con las cuasi-líneas de ensamble de las industrias de empaque de carne y ventas por catálogo, e introdujeron el revolucionario concepto de la línea de ensamble, donde los hombres permanecían en un solo lugar y los materiales se movían.¹

El control de la calidad es otra contribución históricamente significativa al campo de la AO. Walter Shewhart (1924) combinó sus conocimientos en estadística con la necesidad de controlar la calidad y proporcionó las bases del muestreo estadístico al control de la calidad. W. Edwards Deming (1950) creía, al igual que Frederick Taylor, que la administración debía hacer más por mejorar el ambiente de trabajo y los procesos, con el propósito de mejorar la calidad.

La administración de operaciones siguió progresando con las contribuciones de otras disciplinas, incluidas la *ingeniería industrial* y la *administración científica*. Estas disciplinas, junto con la estadística, la administración y la economía, han contribuido de manera sustancial para aumentar la productividad.

Las innovaciones de las *ciencias físicas* (biología, anatomía, química, física) también han contribuido a los avances de la AO. Dichas innovaciones incluyen nuevos adhesivos, procesos químicos para los tableros de circuitos impresos, rayos gamma para el proceso sanitario de productos alimenticios y las placas de estaño fundido sobre las cuales flota el vidrio fundido de más alta calidad mientras se enfría. El diseño de productos y procesos a menudo depende de las ciencias biológicas y físicas.

Contribuciones especialmente importantes a la AO provienen de las *ciencias de la información*, que definimos como el procesamiento sistemático de datos para obtener información. Las ciencias de la información, el Internet y el comercio electrónico contribuyen hoy de manera considerable en la mejora de la productividad, al tiempo que proporcionan a la sociedad una gama más amplia de bienes y servicios.

Las decisiones en la administración de operaciones requieren individuos que conozcan a fondo la ciencia de la administración, la ciencia de la información y, con frecuencia, alguna de las ciencias biológicas o físicas. En este libro revisamos someramente las diversas formas en que el estudiante puede prepararse para su carrera en administración de operaciones.

OPERACIONES EN EL SECTOR SERVICIOS

Los fabricantes producen artículos tangibles, pero los productos de servicios suelen ser intangibles. Muchos productos son una combinación de un producto y un servicio, lo cual complica la definición de servicio. Como las definiciones varían, muchos de los datos y estadísticas generadas acerca del sector servicios son inconsistentes. Sin embargo, definiremos **servicios** como lo que abarca reparación y mantenimiento, gobierno, alimentación y hospedaje, transporte, seguros, comercio, finanzas, bienes raíces, educación, servicios legales, médicos, de entretenimiento y otras ocupaciones profesionales.²

Diferencias entre bienes y servicios

Revisemos algunas diferencias entre bienes y servicios:

- Los servicios casi siempre son *intangibles* (por ejemplo, la compra del derecho a un asiento de avión para trasladarse entre dos ciudades) al contrario de un bien tangible.
- Los servicios a menudo *se producen y consumen de manera simultánea*; no se almacenan en inventario. Por ejemplo, un salón de belleza produce cortes de cabello que se “consumen” al tiempo que se producen, o un médico produce una cirugía que se “consume” mientras la realiza. Aún no hemos encontrado la forma de inventariar cortes de cabello o apendicetomías.

¹Jay Heizer, “Determining Responsibility for the Development of the Moving Assembly Line”, *Journal of Management History* 4, núm. 2 (1998): 94-103.

²Esta definición es semejante a las categorías que emplea el Bureau of Labor Statistics de Estados Unidos.

Servicios

Actividades económicas que comúnmente generan un producto intangible (como educación, entretenimiento, hospedaje, gobierno, finanzas y salud).

- Frecuentemente, los servicios son *únicos*. La mezcla de cobertura financiera, como en el caso de una inversión y la póliza de un seguro, puede no ser igual a la de nadie más, tal como un procedimiento médico o un corte de cabello que se produce para una persona no es exactamente igual al de nadie más.
- Los servicios tienen una *fuerte interacción con el cliente*. Con frecuencia los servicios son difíciles de estandarizar, automatizar o hacerlos tan eficientes como se desearía, debido a que la interacción con el cliente exige unicidad. De hecho, en muchos casos esta unicidad es lo que el cliente paga; por consiguiente, el administrador de operaciones debe asegurarse de que el producto se diseñe de forma que pueda entregarse de manera única.
- Los servicios tienen una *definición de producto inconsistente*. La definición del producto puede ser rigurosa, como en el caso de una póliza de seguro de automóvil, pero inconsistente porque los tenedores de las pólizas cambian de auto y las pólizas se vencen.
- Los servicios a menudo se *basan en el conocimiento*, como en el caso de los servicios educativos, médicos y legales y, por ende, son difíciles de automatizar.
- Los servicios con frecuencia están *dispersos*. La dispersión ocurre debido a que los servicios normalmente se llevan al cliente o consumidor mediante una oficina local, una tienda al menudeo o incluso una llamada telefónica.

En la tabla 1.3 se señalan otras diferencias entre bienes y servicios que afectan las decisiones de la administración de operaciones. Aun cuando los productos de servicios son distintos de los bienes, la función de operaciones sigue siendo transformar los recursos en productos. En realidad, muchas veces las actividades de la función de operaciones son similares para bienes y servicios. Por ejemplo, tanto bienes como servicios deben tener estándares de calidad establecidos y ambos deben diseñarse y procesarse de acuerdo con un programa, en una instalación en la que se emplean recursos humanos.

Establecida la distinción entre bienes y servicios, debemos señalar que en muchos casos esta distinción no es clara. En realidad, la mayor parte de los servicios son una mezcla de un servicio y un producto tangible; análogamente, la venta de la mayoría de los bienes incluye o requiere un servicio. Por ejemplo, muchos productos cuentan con los componentes de financiamiento y transporte correspondientes a un servicio (como las ventas de automóviles). Muchos también requieren de capacitación y mantenimiento después de la venta (como las copadoras para oficina). Otros servicios, como los de consultoría y asesoría, pueden requerir un informe tangible.

Además, muchas actividades de “servicio” forman parte de las operaciones de producción de bienes. Administración de recursos humanos, logística, contabilidad, capacitación, servicio en el sitio y reparación son actividades de servicio, pero se realizan dentro de una organización de manufactura.

Cuando *no* se incluye un producto tangible en el servicio, se denomina **servicio puro**. Aunque no existen muchos servicios puros, un buen ejemplo es la asesoría. La figura 1.4 muestra la variedad de *servicios* que contiene el producto. Esta variedad es amplia y muestra la penetración de las actividades de servicio.

Servicio puro

Servicio que no incluye un producto tangible.

Crecimiento de los servicios

En la actualidad, los servicios constituyen el sector económico más grande en las sociedades avanzadas. Por ejemplo, la figura 1.5(a) muestra el empleo del sector servicios en Estados Unidos. Hacia 1900, la mayoría de los estadounidenses trabajaban en la agricultura; sin embargo, el incremento de la productividad agrícola permitió que las personas dejaran las granjas y buscaran empleos en las ciudades. Los sectores de manufactura y de servicios comenzaron a crecer; el de los servicios llegó a ser la fuente de empleos más importante a principios de la década de 1920 y el empleo en el sector manufacturero tuvo un pico de 32% en 1950. De manera similar, como se muestra en las figuras 1.5(a) y (b), los incrementos en la productividad de la manufactura han hecho posible que más de nuestros recursos económicos se dedi-

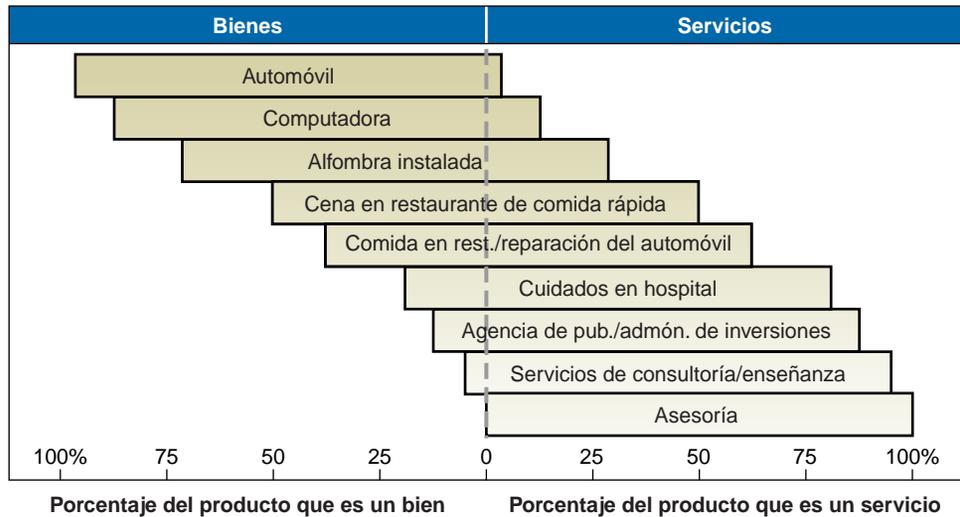
TABLA 1.3 ■

Diferencias entre bienes y servicios

| ATRIBUTOS DE LOS BIENES (PRODUCTO TANGIBLE) | ATRIBUTOS DE LOS SERVICIOS (PRODUCTO INTANGIBLE) |
|--|---|
| El producto puede revenderse. | La reventa del servicio es inusual. |
| El producto puede inventariarse. | Muchos servicios no pueden inventariarse. |
| Algunos aspectos de la calidad se pueden medir. | Muchos aspectos de la calidad no se pueden medir. |
| La venta es distinta de la producción. | La venta al menudeo es parte del servicio. |
| El producto se puede transportar. | El proveedor, no el producto, suele transportarse. |
| La ubicación de las instalaciones es importante para el costo. | El sitio de las instalaciones es importante para tener contacto con el cliente. |
| Automatizar puede ser fácil. | Automatizar el servicio suele ser difícil. |
| Principalmente el producto tangible genera el ingreso. | Principalmente los servicios intangibles generan el ingreso. |

FIGURA 1.4 ■

La mayor parte de los bienes contiene un servicio y la mayor parte de los servicios contiene un bien



quien a los servicios. Por consiguiente, una buena parte del mundo puede disfrutar ahora los beneficios de la educación, la salud, el entretenimiento y muchas cosas más que llamamos servicios. En la tabla 1.4 se observan ejemplos de empresas y porcentajes de empleo en el **sector servicios**. En las cuatro líneas inferiores de la tabla 1.4 se muestran los porcentajes de empleo de los sectores en manufactura, construcción, minería y agricultura que no son de servicios.

Sector servicios

Segmento de la economía que incluye comercio, finanzas, hospedaje, educación, actividades legales y médicas, y otras ocupaciones profesionales.

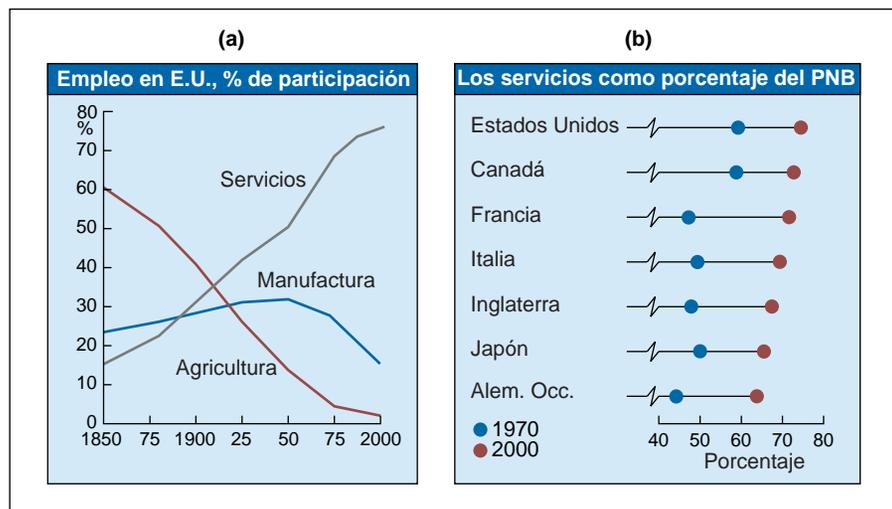
Salarios en los servicios

Aun cuando existe la percepción común de que las industrias de servicios pagan poco, la realidad es que muchos empleos de servicios están bien remunerados. Los administradores de operaciones de las instalaciones de mantenimiento de las aerolíneas reciben muy buena paga, lo mismo que los administradores de operaciones que supervisan los servicios de cómputo para la comunidad financiera. Cerca de 42% de los empleados de servicios reciben salarios superiores a la media nacional. No obstante, el promedio del sector servicios tiende a la baja, debido a que 14 de las 33 categorías de industrias de servicios establecidas por el Departamento de Comercio pagan menos que el promedio de todas las industrias privadas. De ellas, el comercio al menudeo, que paga sólo 61% del promedio nacional de la industria privada, es muy grande. Considerando incluso el sector de comercio al menudeo, el salario promedio de todos los empleados de servicios es casi 96% del promedio de todas las industrias privadas.³

FIGURA 1.5 ■

Desarrollo de la economía de los servicios

Fuentes: Adaptado de Labor Statistics Bureau de Estados Unidos; OECD; estadísticas nacionales; Commerce Department de Estados Unidos; Foreign Trade Highlights; The Economist (29 de mayo de 1999): 100; Statistical Abstract of the United States, 2001.



³Herbert Stein y Murray Foss, *The New Illustrated Guide to the American Economy* (Washington, DC; The AIE Press, 1995): 30.

TABLA 1.4 ■

Ejemplos de organizaciones en cada sector

Fuente: *Statistical Abstract of the United States (2001)*, Tabla 596.

| SECTOR | EJEMPLO | PORCENTAJE DE TODOS LOS EMPLEOS |
|---|---|---------------------------------|
| Sector servicios | | |
| Servicios profesionales, educativos, legales, médicos | New York City P.S. 108, Notre Dame University, zoológico de San Diego | 24.3 |
| Comercio (menudeo, mayoreo) | Walgreen's, Wal-Mart, Nordstrom's | 20.6 |
| Servicios públicos, transportes | Pacific Gas & Electric, American Airlines, Santa Fe R.R., Roadway Express | 7.2 |
| Negocios y servicios de reparación | Snelling and Snelling, Waste Management, Inc., Pitney-Bowes | 7.1 |
| Finanzas, seguros, bienes raíces | Citicorp, American Express, Prudential, Aetna, Trammell Crow | 6.5 |
| Comida, hospedaje, entretenimiento | McDonald's, Hard Rock Cafe, Motel 6, Hilton Hotels, Walt Disney, Paramount Pictures | 5.2 |
| Administración pública | U.S., State of Alabama, Cook County | 4.5 |
| Sector manufacturero | | |
| Sector de la construcción | | |
| Agricultura | | |
| Sector minero | | |
| Gran total | | 100.0 |

} 75.4
} 14.8
} 7.0

NUEVAS Y EMOCIONANTES TENDENCIAS EN LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

Una de las razones por las cuales la AO es una disciplina tan apasionante es que el administrador de operaciones se enfrenta a un mundo siempre cambiante. Tanto el enfoque como los resultados de las diez decisiones de AO que se muestran en la tabla 1.2 están sujetos a cambio. Esta dinámica es el resultado de diversas fuerzas, desde la globalización del comercio mundial hasta la transferencia de ideas, productos y dinero a velocidades electrónicas. La figura 1.6 muestra la dirección que ahora ha tomado la AO: dónde estaba y hacia dónde se dirige. A continuación, introducimos algunos de los desafíos que nos muestra la figura 1.6.

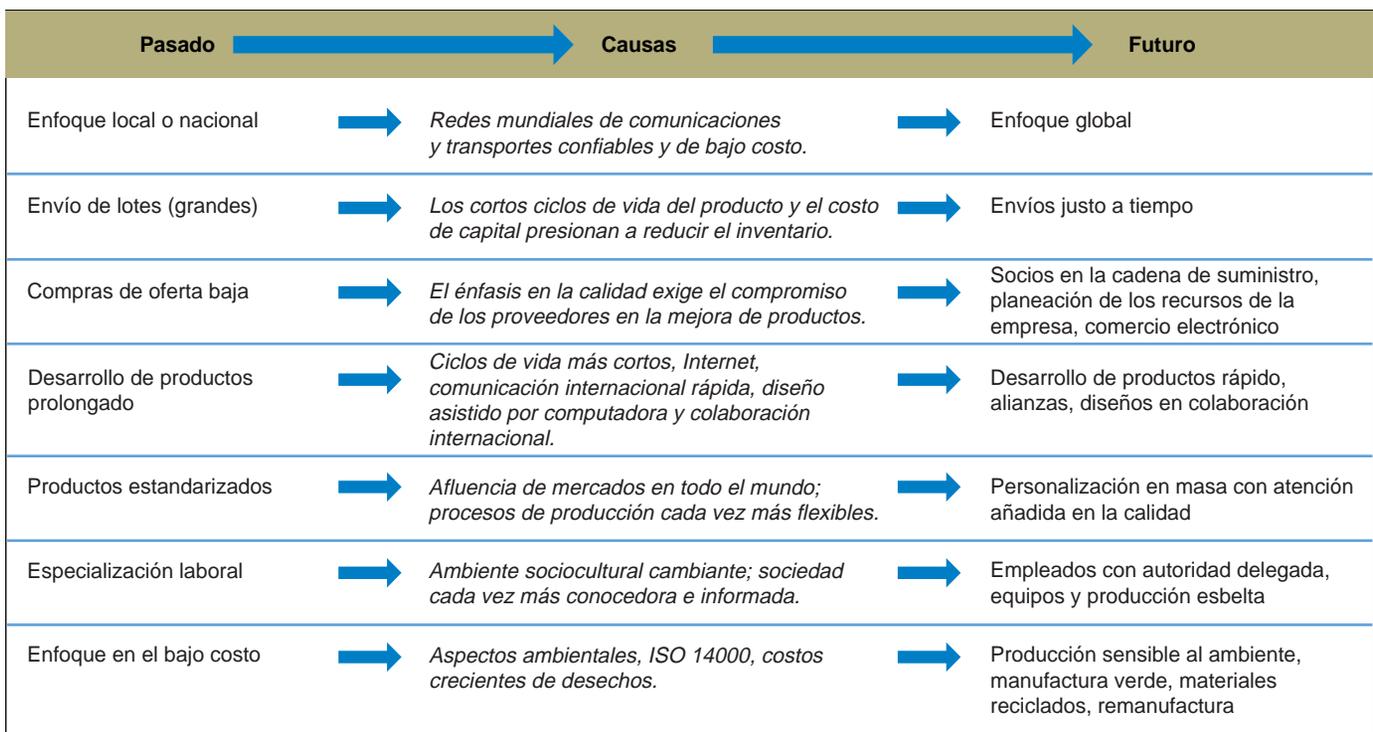


FIGURA 1.6 ■ Cambio en los retos del administrador de operaciones

- *Enfoque global*: La rápida declinación en los costos de comunicación y transporte ha globalizado los mercados. Aunque al mismo tiempo los recursos en forma de materiales, talento y mano de obra también se han globalizado. Contribuyen a esta rápida globalización los países de todo el mundo que compiten por el crecimiento económico y la industrialización. Los administradores de operaciones responden con innovaciones que generan y mueven con rapidez ideas, partes y bienes terminados en el lugar y el momento en que se necesiten.
- *Desempeño justo a tiempo*: Se destinan vastos recursos financieros al inventario, encareciéndolo. El inventario impide dar respuesta a los rápidos cambios en el mercado. Los administradores de operaciones están recortando los inventarios de manera sistemática en todos los niveles, desde materias primas hasta productos terminados.
- *Sociedades de cadenas de suministro*: Los ciclos de vida del producto cada vez más cortos, así como los rápidos cambios en la tecnología de materiales y procesos, exigen una mayor participación de los proveedores. En general, los proveedores suministran más de la mitad del valor de cada producto. En consecuencia, los administradores de operaciones están cimentando sociedades a largo plazo con jugadores cruciales en la cadena de suministro.
- *Desarrollo de productos rápido*: La expedita comunicación internacional de noticias, entretenimiento y estilos de vida está acortando drásticamente la amplitud de vida de los productos. Los administradores de operaciones responden con tecnología y alianzas (socios) más rápidas y con una administración más efectiva.
- *Personalización en masa*: Una vez que comenzamos a concebir al mundo como un mercado, las diferencias individuales se hacen más evidentes. Las diferencias culturales, compuestas por las individuales en un mundo donde los consumidores están cada vez más conscientes de las opciones, ejercen una presión real para que las empresas respondan. Los administradores de operaciones están respondiendo con procesos de producción suficientemente flexibles para ajustarse a los caprichos individuales de los consumidores. La meta es producir productos individuales donde y cuando se necesiten.
- *Empleados con autoridad delegada*: Al combinarse la explosión del conocimiento con un lugar de trabajo más tecnificado se vuelve imprescindible aumentar la competitividad en el espacio laboral. La respuesta de los administradores de operaciones ha sido trasladar la responsabilidad de tomar más decisiones al trabajador individual.
- *Producción sensible al medio ambiente*: La continua batalla de los administradores de operaciones por mejorar la productividad se suma a la creciente preocupación por el diseño de productos y procesos que estén en armonía con el ambiente. Esto se traduce en el diseño de productos biodegradables o de componentes de automóviles que puedan volverse a usar o reciclarse, o de empaques más eficientes.

Éstos y muchos otros temas que forman parte de los emocionantes retos que enfrentan los administradores de operaciones se analizan en este texto.

EL RETO DE LA PRODUCTIVIDAD

Para crear bienes y servicios se necesita transformar los recursos en bienes y servicios. Cuanto más eficiente hagamos la transformación, más productivos seremos y mayor será el valor agregado a los bienes y servicios entregados. La **productividad** es la razón entre salidas (bienes y servicios) y una o más entradas o insumos (recursos como mano de obra y capital) (véase la figura 1.7). El trabajo del administrador de operaciones es mejorar la razón entre salida e insumo, y mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia.⁴

Esta mejora puede lograrse de dos formas: una reducción en la entrada mientras la salida permanece constante, o bien, el incremento en la salida mientras la entrada permanece constante. Ambas formas representan una mejora en la productividad. En el sentido económico, las entradas son mano de obra, capital y administración, integrados en un sistema de producción. La administración crea este sistema de producción, que permite la conversión de entradas en salidas. Las salidas son bienes y servicios que incluyen artículos tan diversos como pistolas, mantequilla, educación, sistemas judiciales mejorados y centros para esquiar. La *producción* es la elaboración de bienes y servicios. Una producción alta sólo puede implicar que más personas están trabajando y que los niveles de empleo son altos (bajo desempleo), pero no implica necesariamente una alta *productividad*.

⁴*Eficiencia* significa “hacer bien el trabajo, con un mínimo de recursos y de desperdicio”. Observe la distinción entre *eficiente*, que implica hacer bien el trabajo, y *efectivo*, que significa hacerlo de la manera correcta. Un trabajo bien hecho —digamos, aplicar las 10 decisiones de la administración de operaciones— nos ayuda a ser *eficientes*; el desarrollo o empleo de la estrategia correcta nos ayuda a ser *efectivos*.

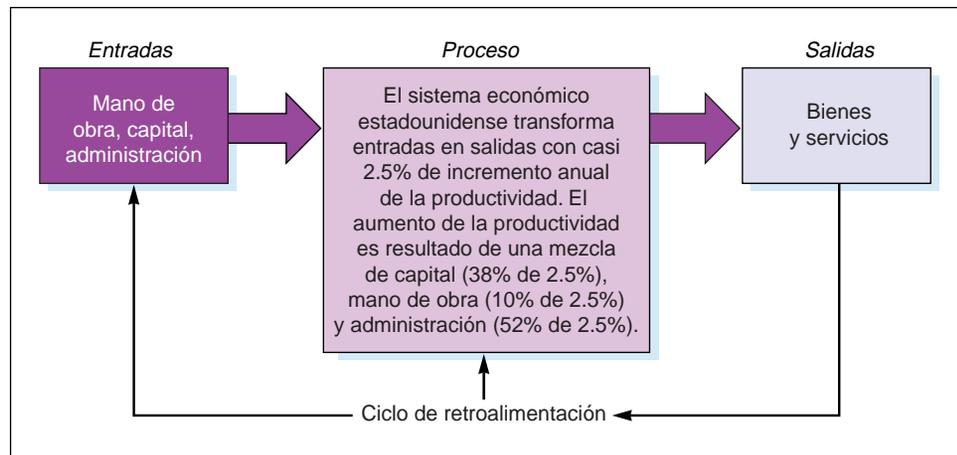
Productividad

Razón entre las salidas (bienes y servicios) y una o más entradas o insumos (como mano de obra, capital o administración).

FIGURA 1.7 ■

El sistema económico agrega valor al transformar entradas en salidas

Un ciclo de retroalimentación efectivo evalúa el desempeño del proceso en relación con un plan o un estándar. También evalúa la satisfacción del cliente y envía señales a quienes controlan las entradas y el proceso.



La medición de la productividad es una forma excelente de evaluar la capacidad de un país para proporcionar un estándar de vida de su población que mejore. *Sólo mediante el incremento de la productividad puede mejorarse el estándar de vida.* Más aún, sólo a través de los incrementos en la productividad pueden la mano de obra, el capital y la administración recibir los pagos adicionales. Si los rendimientos sobre mano de obra, capital y administración aumentan sin incrementar la productividad, los precios suben. Por otra parte, los precios reciben una presión para bajar cuando la productividad se incrementa, debido a que se produce más con los mismos recursos.

Los beneficios del incremento de la productividad se ilustran en el recuadro *AO en acción*, “incremento de la productividad en el parque vehicular de Los Ángeles”.

Durante más de cien años (de 1869 a 1973), Estados Unidos pudo aumentar su productividad a una tasa promedio de casi 2.5% anual. Dicho crecimiento duplicó la riqueza de Estados Unidos cada 30 años. Sin embargo, de 1973 hasta mediados de la década de 1990, no pudo sostener ese incremento y la productividad cayó a casi 1% anual. Esto fue desastroso y explica en gran medida la preocupación nacional por el crecimiento económico. Pero el panorama de la productividad estadounidense está mejorando. El sector de manufactura, aunque una porción decreciente de la economía de Estados Unidos, ha observado en años recientes incrementos de productividad superiores a 4% anual, y el sector servicios, con incrementos de casi 1%, también ha observado cierta mejoría. Esta combinación ha permitido que el crecimiento anual de la productividad estadounidense regrese al intervalo cercano a 2.5% de la economía como un todo en los albores del siglo XXI.⁵

En este libro se examina la forma de incrementar la productividad mediante la función de operaciones. La productividad es un aspecto significativo para el mundo y el administrador de operaciones está calificado de manera singular para emprenderlo.

Medición de la productividad

La medición de la productividad puede ser bastante directa. Tal es el caso si la productividad puede medirse en horas-trabajo por tonelada de algún tipo específico de acero, o bien, como la energía necesaria para generar un kilowatt de electricidad.⁶ Un ejemplo puede resumirse en la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas-trabajo empleada}} \tag{1-1}$$

Por ejemplo, si las unidades producidas = 1,000 y las horas-trabajo empleadas son 250, entonces:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas-trabajo empleadas}} = \frac{1,000}{250} = 4 \text{ unidades por hora-trabajo}$$

El uso de un solo recurso de entrada para medir la productividad, como se muestra, se denomina **productividad de un solo factor**. No obstante, un panorama más amplio de la productividad es la **productividad de múltiples factores**, la cual incluye todos los insumos o entradas (por ejemplo, mano de obra, material, energía, capital). La productividad de múltiples factores también se conoce como *productividad*

Productividad de un solo factor

Indica la razón entre un recurso (entrada) y los bienes y servicios producidos (salida).

Productividad de múltiples factores

Indica la razón entre muchos o todos los recursos (entradas) y los bienes y servicios producidos (salidas).

⁵De acuerdo con el *Statistical Abstract of the United States*, el incremento en la productividad del sector comercial no agrícola de 1995 fue 0.9%; en 1996, 2.5%; en 1997, 2.0%; en 1998, 2.7%; en 1999, 2.6%; en 2000, 4.3% (vea la tabla 613). El incremento de la productividad durante el año de recesión 2001 fue 1.1%. (Vea *The Wall Street Journal*). (12 de agosto de 2002): A2.

⁶Se supone que la calidad y el periodo permanecen constantes.

AO EN ACCIÓN

Incremento de la productividad en el parque vehicular de Los Ángeles

El recientemente electo alcalde de Los Ángeles enfrentó muchos problemas. Uno de ellos fue un parque vehicular de 21,000 unidades con gastos inflados y baja disponibilidad de vehículos. Para cualquier día dado, 30% de los 900 camiones de basura de la ciudad y 11% de los automóviles del departamento de policía se encontraban en el taller de reparaciones. Los problemas incluían demasiados vehículos comisionados a ciertas dependencias, sabotaje y abuso de vehículos, falta de refacciones y vehículos que nunca habían ido a servicio. El parque vehicular de L.A. y su operación anual de mantenimiento de 120 millones de dólares necesitaba incrementar su productividad.

El alcalde implantó siete innovaciones sencillas de administración de operaciones: **1.** los choferes individuales se unieron en equipos que se ayudaban entre sí a completar las rutas; **2.** se asignaron lugares de estacionamiento específicos con la finalidad de localizarlos con facilidad cada

mañana; **3.** la presión de las llantas de cada camión se revisaba todas las noches para evitar llantas bajas durante la jornada de trabajo; **4.** todos los camiones se vaciaban cada noche para evitar que cenizas sobrantes provocaran incendios; **5.** se establecieron recogidas para los clientes regulares (esta medida ahorró a la ciudad 12 millones de dólares anuales); **6.** el departamento de servicios públicos instaló un sistema computarizado de administración de la flota (para dar seguimiento al uso de vehículos y cobrar a los departamentos), y **7.** se cambió el turno de los mecánicos a nocturno para que los vehículos no estuvieran en el taller durante el día.

Como resultado de estos cambios administrativos, el departamento redujo 500 vehículos de su flota total; su inventario de autopartes bajó 20%, liberando hasta 5.4 millones de dólares cada año; y los camiones de basura fuera de servicio pasaron del vergonzoso 30% a 18%.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (6 de julio de 1995): A1, A10; y *American City & County* (julio de 1997): FM1-FM4.

de factor total. La productividad de múltiples factores se calcula combinando las unidades de entrada, como se muestra a continuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salida}}{\text{Mano de obra} + \text{material} + \text{energía} + \text{capital} + \text{otros}} \quad (1-2)$$

Para simplificar el cálculo de la productividad de múltiples factores, las entradas individuales (el denominador) pueden expresarse en dólares y sumarse como se muestra en el ejemplo 2.

Ejemplo 2

Collins Title Company cuenta con un equipo de 4 personas, cada una trabaja ocho horas al día (con un costo de nómina de 640 dólares/día) y los gastos generales son 400 dólares diarios. Diariamente, Collins procesa y cierra ocho portadas. La compañía compró recientemente un sistema computarizado de búsqueda que hará posible el procesamiento de 14 portadas por día. Aun cuando el personal, su horas de trabajo y los salarios serán los mismos, los gastos generales son ahora 800 dólares diarios.

| | |
|---|--|
| Productividad laboral con el antiguo sistema: | $\frac{8 \text{ portadas por día}}{32 \text{ horas-trabajo}} = .25 \text{ portadas por hora-trabajo}$ |
| Productividad laboral con el nuevo sistema: | $\frac{14 \text{ portadas por día}}{32 \text{ horas-trabajo}} = .4375 \text{ portadas por hora-trabajo}$ |
| Productividad de múltiples factores con el antiguo sistema: | $\frac{8 \text{ portadas por día}}{\$640 + 400} = .0077 \text{ portadas por dólar}$ |
| Productividad de múltiples factores con el nuevo sistema: | $\frac{14 \text{ portadas por día}}{\$640 + 800} = .0097 \text{ portadas por dólar}$ |

La productividad laboral aumentó de .25 a .4375. El cambio es $.4375/.25 = 1.75$, o 75% de incremento en la producción laboral. La productividad de múltiples factores se incrementó de .0077 a .0097. Este cambio es $.0097/.0077 = 1.259$, o 25.9% de incremento en la productividad de múltiples factores.

El uso de las medidas de productividad ayuda a los administradores a determinar qué tan bien operan. Las medidas de productividad de múltiples factores dan mejor información de los intercambios entre factores, pero los problemas básicos de medición permanecen. Algunos de estos problemas son:

1. La *calidad* puede cambiar mientras la calidad de la entrada y la salida permanece constante. Compare un aparato de radio de esta década con uno de la década de 1940. Ambos son radios, pero pocas personas negarían que la calidad ha mejorado. La unidad de medida —un radio— es la misma, pero la calidad ha cambiado.

2. Los *elementos externos*⁷ pueden aumentar o disminuir la productividad, y el sistema en estudio puede no ser el responsable directo. Un servicio de energía eléctrica más confiable podría mejorar sustancialmente la producción, mejorando la productividad de la empresa gracias a ese apoyo y no a las decisiones administrativas tomadas dentro de la empresa.
3. Quizá no se cuente con *unidades de medición precisas*. No todos los automóviles requieren los mismos insumos: algunos autos son subcompactos y otros 911 Porches Turbo.

La medición de la productividad resulta particularmente difícil en el sector servicios, donde llega a complicarse definir el producto final. Por ejemplo, la calidad de un corte de cabello, el veredicto de un caso en los tribunales o el servicio en una tienda al menudeo se ignoran en todos en los datos económicos. En algunos casos se realizan ajustes para la calidad del producto vendido, pero *no* para la calidad del desempeño de la venta o para una selección más amplia de productos. La medición de la productividad se efectúa en medidas de entradas y salidas específicas, mientras que una economía libre produce valor, es decir, lo que la gente quiere. Las personas pueden desear productos personalizados junto con conveniencia, rapidez y seguridad. Las medidas tradicionales de entrada y salida pueden ser deficientes para estos factores. Observe los problemas de medición de la calidad en un despacho de abogados, donde cada caso es diferente y altera la precisión de la medida “casos por hora de trabajo” o “casos por empleado”.

Variables de productividad

Como vimos en la figura 1.6, los incrementos en la productividad dependen de tres **variables de productividad**:

1. *Mano de obra*, que contribuye en casi 10% del incremento anual.
2. *Capital*, el cual contribuye en casi 38% del incremento anual.
3. *Administración*, que contribuye alrededor de 52% del incremento anual.

Estos tres factores son decisivos para incrementar la productividad. Representan las grandes áreas en que los administradores pueden actuar para mejorar la productividad.⁸

Mano de obra La mejora en la contribución de la mano de obra a la productividad es resultado de una fuerza de trabajo más saludable, mejor educada y más motivada. Ciertos incrementos pueden atribuirse a semanas laborales más cortas. Históricamente, cerca de 10% de la mejora anual en productividad se atribuye a mejoras en la calidad del trabajo. Tres variables clave para mejorar la productividad laboral son:

1. Educación básica apropiada para una fuerza de trabajo efectiva.
2. La alimentación de la fuerza de trabajo.
3. El gasto social que hace posible el trabajo, como transporte y salubridad.

En las naciones desarrolladas, un cuarto desafío para la administración es *mantener y mejorar las habilidades de la mano de obra* en el marco de la rápida expansión de la tecnología y el conocimiento. Datos recientes sugieren que el estadounidense promedio de 17 años de edad sabe considerablemente menos matemáticas que el promedio de japoneses de la misma edad, y que cerca de la mitad no puede contestar preguntas como las de la figura 1.8. Asimismo, más de 38% de los solicitantes de empleo en Estados Unidos que fueron examinados respecto de sus habilidades básicas tenían deficiencias en lectura, escritura o matemáticas.⁹

Variables de productividad

Los tres factores cruciales para mejorar la productividad son: mano de obra, capital y la ciencia de la administración.

Muchas secundarias estadounidenses superan el 50% de deserción a pesar de ofrecer una amplia variedad de programas.

FIGURA 1.8 ■

Cerca de la mitad de los jóvenes de 17 años en Estados Unidos no puede responder correctamente preguntas de opción múltiple de este tipo

| | |
|---|--|
| <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>6 yardas</p>  <p>4 yardas</p> </div> <p style="text-align: center;">¿Qué área tiene este rectángulo?</p> <p>_____ 4 yardas cuadradas</p> <p>_____ 6 yardas cuadradas</p> <p>_____ 10 yardas cuadradas</p> <p>_____ 20 yardas cuadradas</p> <p>_____ 24 yardas cuadradas</p> | <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>Si $9y + 3 = 6y + 15$, entonces $y =$</p> <p>_____ 1 _____ 4</p> <p>_____ 2 _____ 6</p> </div> <p style="text-align: center;">¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera en cuanto a 84% de 100?</p> <p>_____ es mayor que 100</p> <p>_____ es menor que 100</p> <p>_____ es igual a 100</p> |
|---|--|

⁷Éstas son variables exógenas, es decir, variables fuera del sistema en estudio que influyen en él.

⁸Los porcentajes son de Herbert Stein y Murray Foss, *The New Illustrated Guide to the American Economy* (Washington, DC: la AIE Press, 1995): 67.

⁹Rodger Doyle, “Can’t Read, Can’t Count”, *Scientific American* (octubre de 2001): 24.

Entre 20% y 30% de los trabajadores estadounidenses no poseen las habilidades básicas necesarias para desempeñar sus trabajos actuales.

(Fuente: Nan Stone, *Harvard Business Review*.)

Un panel de académicos y ejecutivos de negocios solicitó que se aligeraran los impuestos sobre utilidades corporativas y que se ampliaran las categorías tributarias a las ganancias de capital con el propósito de reducir el costo de capital, alentar la inversión corporativa y mejorar los estándares de vida en Estados Unidos.

Sociedad del conocimiento

Sociedad en la que mucha de la fuerza laboral ha pasado del trabajo manual a empleos basados en el conocimiento.

Superar las deficiencias de la calidad en la mano de obra mientras otros países cuentan con una mejor fuerza de trabajo representa un reto importante. Quizá las mejoras puedan alcanzarse no sólo aumentando la competencia de la mano de obra, sino también a través de un quinto elemento: *una mejor mano de obra con un compromiso más sólido*. Las estrategias de motivación, capacitación, trabajo en equipo y las de recursos humanos que se analizan en el capítulo 8, así como las de una educación mejorada, pueden estar entre las muchas técnicas que contribuyen al incremento de la productividad de la mano de obra. Las mejoras en la productividad de la mano de obra son posibles; sin embargo, se puede esperar que sean cada vez más difíciles y costosas.

Capital Los seres humanos son animales que usan herramientas. La inversión de capital proporciona dichas herramientas. La inversión de capital en Estados Unidos ha aumentado cada año excepto durante los pocos periodos de recesión severa. La inversión anual de capital en ese país ha aumentado a una tasa anual de 1.5% después de deducciones y depreciación.

La inflación y los impuestos elevan el costo del capital, haciendo que las inversiones de capital sean cada vez más costosas. Cuando ocurre un descenso en el capital invertido por empleado, podemos esperar una caída de la productividad. El empleo de mano de obra más que de capital puede disminuir el desempleo en el corto plazo, pero también hace que las economías sean menos productivas y, por ende, que bajen los salarios en el largo plazo. La inversión de capital con frecuencia es necesaria, pero rara vez es un ingrediente suficiente en la batalla por incrementar la productividad.

Los trueques entre capital y mano de obra fluyen constantemente. Cuanto más elevadas las tasas de interés, más proyectos que requieren capital son “eliminados”: no se emprenden porque la ganancia potencial sobre la inversión para un determinado riesgo ha disminuido. Los administradores ajustan sus planes de inversión a los cambios en los costos de capital.

Administración La administración es un factor de la producción y un recurso económico. La administración es responsable de asegurar que la mano de obra y el capital se usen de manera efectiva para aumentar la productividad. Los administradores son responsables de más de la mitad del incremento anual de la productividad. Incluye las mejoras realizadas mediante la aplicación de la tecnología y la utilización del conocimiento.

La aplicación de la tecnología y la utilización de nuevos conocimientos precisa capacitación y educación. La educación seguirá siendo un artículo necesario de alto costo en las sociedades posindustriales. Éstas son sociedades tecnológicas que requieren capacitación, educación y conocimiento. En consecuencia, también se les conoce como sociedades de conocimiento. Las **sociedades del conocimiento** son aquellas en que gran parte de la fuerza laboral ha pasado del trabajo manual a tareas técnicas y de procesamiento de información que requieren educación y conocimientos. Los administradores de operaciones efectivos preparan trabajadores y construyen organizaciones que reconocen la continua necesidad de educación y conocimiento. *Ellos se aseguran de que la tecnología, la educación y los conocimientos se empleen de manera efectiva.*

Una utilización más efectiva del capital, en oposición a la inversión de capital adicional, es también importante. El administrador, como catalizador de la productividad, tiene a su cargo la tarea de mejorar la productividad del capital con las limitaciones existentes. Las ganancias en productividad en las sociedades de conocimiento requieren administradores que se sientan cómodos con la tecnología y la ciencia de la administración.

Siemens, el conglomerado multimillonario alemán, se conoce en su país de origen desde hace mucho tiempo por sus programas para aprendices. Puesto que la educación suele ser la clave de las operaciones eficientes en una sociedad tecnológica, Siemens ha llevado sus programas de capacitación de aprendices a sus plantas en Estados Unidos. Dichos programas están sentando las bases para una fuerza laboral altamente capacitada, esencial para la competitividad global.



El reto de la productividad es una tarea difícil. Un país no puede ser competidor de clase mundial con entradas o insumos de segunda clase. La mano de obra poco educada, el capital inadecuado y la tecnología obsoleta son entradas de segunda clase. La alta productividad y una salida de alta calidad requieren una entrada de alta calidad.

Productividad y el sector servicios

El sector servicios ofrece un reto especial para la medición precisa de la productividad y su mejora. El marco analítico tradicional de la teoría económica se basa principalmente en actividades para la producción de bienes. En consecuencia, la mayor parte de los datos económicos publicados se relaciona con la producción de bienes. Sin embargo, los datos indican que a medida que nuestra economía de servicios actual ha aumentado en tamaño, hemos tenido un crecimiento de la productividad más lento.

La productividad en el sector servicios ha mostrado dificultad para mejorar, porque el trabajo del sector servicios:

1. Por lo general es intensivo en mano de obra (por ejemplo, asesoría, enseñanza).
2. Con frecuencia se procesa de manera individual (por ejemplo, asesoría para inversión).
3. A menudo son tareas intelectuales realizadas por profesionales (por ejemplo, diagnóstico médico).
4. Suele ser difícil mecanizarlo y automatizarlo (por ejemplo, un corte de cabello).
5. Casi siempre es difícil evaluar su calidad (por ejemplo, el desempeño de un despacho de abogados).

Cuanto más intelectual y personal es la tarea, más difícil es lograr incrementos en la productividad. Las escasas mejoras en la productividad del sector servicios también se atribuyen al crecimiento de las actividades de baja productividad en este mismo sector. Esto incluye actividades que antes no formaban parte de la economía medida, como el cuidado de niños, la preparación de alimentos, la limpieza del hogar y el servicio de lavandería. Estas actividades se han desplazado del hogar a la economía que se mide, conforme más y más mujeres se suman a la fuerza de trabajo. Es probable que la inclusión de estas actividades haya dado como resultado una medición más baja de la productividad en el sector servicios, aunque, de hecho, haya aumentado la productividad real, porque estas actividades ahora se producen de manera más eficiente que antes.¹⁰

A pesar de la dificultad para mejorar la productividad en el sector servicios, se están logrando mejoras. Este texto presenta múltiples formas de conseguirlo. Un artículo reciente de *Harvard Business Review* refuerza el concepto de que los administradores pueden mejorar la productividad en los servicios. Los autores argumentan que “la administración es la razón principal por la que la tasa de crecimiento de la productividad se ha estancado en el sector servicios”,¹¹ y les sorprende lo que puede realizarse cuando la administración pone atención a la forma en que se realiza el trabajo.

Aunque las evidencias indican que todos los países industrializados tienen el mismo problema con la productividad de los servicios, Estados Unidos sigue siendo el líder mundial en productividad general y productividad en los servicios. La venta al menudeo en Estados Unidos duplica la productividad que existe en Japón, donde las leyes protegen de las cadenas de descuento a los dueños de las tiendas. La industria telefónica estadounidense es cuando menos el doble de productiva que la alemana. El sistema bancario estadounidense también es 33% más eficiente que los oligopolios bancarios alemanes. No obstante, debido a que la productividad es muy importante para el trabajo de los administradores de operaciones y como el sector servicios es tan grande, este libro destaca en especial, la forma de mejorar la productividad en el sector servicios. (Véase por ejemplo, el recuadro de *AO en acción*, “Taco Bell emplea la productividad para bajar los costos”).

EL RETO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL

Los administradores de operaciones funcionan en un sistema que los sujeta a cambios y retos constantes: éstos provienen de los interesados, como clientes, proveedores, propietarios, prestamistas y empleados. Tanto los interesados como las oficinas de gobierno requieren que los administradores actúen con responsabilidad social a fin de tener un medio ambiente limpio, lugares de trabajo seguros y comportamiento ético. Si los administradores de operaciones se enfocan en incrementar la productividad en un sistema abierto en el cual los interesados tienen voz, entonces será más sencillo enfrentar muchos de estos retos. La compañía empleará menos recursos, los empleados se comprometerán y el ambiente ético mejorará. A lo largo de este libro, destacamos diversas maneras en que los administradores de operaciones pueden tomar acciones responsables para atender estos retos con éxito.

¹⁰Allen Sinai y Zaharo Sofianou, “The Service Economy–Productivity Growth Issues” (CSI Washington DC), *The Service Economy* (enero de 1992): 11-16.

¹¹Michael van Biema y Bruce Greenwald, “Managing Our Way to Higher Service–Sector Productivity”, *Harvard Business Review* 75, núm. 4 (julio-agosto de 1997): 89. Sus conclusiones no son únicas. La administración *marca* la diferencia.

tocar un cuarteto de cuerdas de Mozart todavía toma el mismo tiempo a los cuatro músicos.

AO EN ACCIÓN

Taco Bell emplea la productividad para bajar los costos

Fundada en 1962 por Glenn Bell, Taco Bell busca su ventaja competitiva mediante la reducción de costos. Como muchos servicios, Taco Bell depende cada vez más de la función de operaciones para mejorar la productividad y bajar el costo.

Primero, revisó el menú y diseñó las comidas fáciles de preparar. Después trasladó una porción sustancial de la preparación de comidas a proveedores que desempeñaran el procesamiento de alimentos de manera más eficiente que un restaurante haciendo todo. La carne molida se precece antes de llegar y después se recalienta, al igual que muchos otros platillos que llegan en bolsas de plástico que facilitan el recalentado sanitario. De manera semejante, las tortillas llegan ya fritas y las cebollas picadas. La disposición y automatización eficiente acortó 8 segundos el tiempo necesario para la preparación de tacos y burritos. Estos avan-

ces se han combinado con el entrenamiento y la delegación de autoridad para incrementar el ámbito de administración de un supervisor de cinco restaurantes a un supervisor para 30 o más.

Los administradores de operaciones en Taco Bell consideran que han reducido la mano de obra en cada restaurante en 15 horas por día y disminuido el espacio de piso en más de 50%. El resultado es un restaurante que puede manejar el doble de volumen con la mitad de la mano de obra. Una administración de operaciones efectiva ha dado como resultado incrementos en la productividad en apoyo de la estrategia de bajo costo de Taco Bell. En la actualidad Taco Bell es el líder de los restaurantes de comida rápida de bajo costo y cuenta con 73% de la participación en el mercado de comida rápida.

Fuentes: *Nation's Restaurant News* (15 de enero de 2001): 57; e *Interfaces* (enero-febrero de 1998): 75-91.

RESUMEN

Operaciones, marketing y finanzas/contabilidad son las tres funciones básicas de toda organización. La función de operaciones crea bienes y servicios. Gran parte del progreso de la administración de operaciones ha ocurrido en el siglo XX, pero desde el principio de los tiempos, la humanidad ha intentado mejorar su bienestar material. Los administradores de operaciones son piezas clave en la batalla por mejorar la productividad.

Sin embargo, cuanto más ricas se hacen las sociedades, más recursos se dedican a los servicios. En Estados Unidos, tres cuartas partes de su fuerza de trabajo se emplea en el sector servicios. Aun cuando es difícil lograr mejoras en la productividad en este sector, la administración de operaciones es el vehículo principal para realizar dichas mejoras.

TÉRMINOS CLAVE

Producción
Administración de operaciones (AO)
Proceso de administración
Servicios
Servicio puro
Sector servicios

Productividad
Productividad de un solo factor
Productividad de múltiples factores
Variables de productividad
Sociedad del conocimiento

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 1.1

La productividad puede medirse de diversas formas, por ejemplo, mediante la mano de obra, el capital, la energía, el uso de materiales, etc. En Modern Lumber, Inc., Art Binley, presidente y productor de cajas de madera para manzanas que vende a los agricultores, ha sido capaz, con su equipo actual, de producir 240 cajas por cada 100 troncos. En la actualidad, compra 100 troncos al día y cada tronco requiere 3 horas de mano de obra para procesarse. Binley considera que puede contratar a un comprador profesional que pueda adquirir troncos de mejor calidad por el mismo precio. En ese caso, él puede aumentar su producción a 260 cajas con 100 troncos. Sus horas de mano de obra aumentarían 8 horas por día.

¿Cuál será el impacto en la productividad (medida en cajas por hora de trabajo) si contrata al comprador?

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned} \text{a) Productividad laboral actual} &= \frac{240 \text{ cajas}}{100 \text{ troncos} \times 3 \text{ horas/tronco}} \\ &= \frac{240}{300} \\ &= .8 \text{ cajas por hora-trabajo} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Productividad laboral con el comprador} &= \frac{260 \text{ cajas}}{(100 \text{ troncos} \times 3 \text{ horas/tronco}) + 8 \text{ horas}} \\ &= \frac{260}{308} \\ &= .844 \text{ cajas por hora-trabajo} \end{aligned}$$

Empleando la productividad actual (.80 del inciso [a]) como base, el incremento será de 5.5% (.844/.8 = 1.055, o bien, 5.5% de incremento).

Problema resuelto 1.2

Art Binley ha decidido observar su productividad desde la perspectiva de múltiples factores (productividad de factor total) (vea el problema resuelto 1.1). Para ello, determinó el uso de su mano de obra, capital, energía y material, y decidió emplear dólares como común denominador. Sus horas totales de trabajo actuales son 300 por día y aumentarán a 308 por

día. Sus costos de capital y energía permanecerán constantes en 350 dólares y 150 dólares al día respectivamente. El costo de materiales por los 100 troncos por día es 1,000 dólares y permanecerá igual. Debido a que paga un promedio de 10 dólares por hora (con márgenes), Binley determina el incremento de su productividad de la siguiente manera:

SOLUCIÓN

SISTEMA ACTUAL

| | |
|---------------|------------------------|
| Mano de obra: | 300 h @ \$10 = \$3,000 |
| Material: | 100 troncos/día 1,000 |
| Capital: | 350 |
| Energía: | 150 |
| Costo total: | \$4,500 |

Productividad de múltiples factores del sistema actual: = 240 cajas/4,500 = .0533 cajas/dólar

SISTEMA CON EL COMPRADOR PROFESIONAL

| |
|------------------------|
| 308 h @ \$10 = \$3,080 |
| 1,000 |
| 350 |
| 150 |
| \$4,580 |

Productividad de múltiples factores del sistema propuesto: = 260 cajas/4,580 = .0568 cajas/dólar

Con la productividad actual (.0533) como base, el incremento será .0656. Es decir, .0568/.0533 = 1.0656, o 6.56% de incremento.

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoexámenes
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos actuales e investigación
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet



PREGUNTAS PARA ANALIZAR

- ¿Por qué se debe estudiar administración de operaciones?
- ¿Quiénes han contribuido a la teoría y a las técnicas de la administración de operaciones?
- En forma breve, describa las aportaciones de los individuos identificados en la pregunta anterior.
- La figura 1.1 resume las funciones de operaciones, finanzas/marketing de tres organizaciones. Prepare una gráfica similar a la de la figura 1.1 que describa las mismas funciones para uno de los siguientes:
 - un periódico
 - una farmacia
 - una biblioteca universitaria
 - un campamento de verano
 - una pequeña fábrica de joyería personalizada
- Responda la pregunta 4 para otra organización, quizás una en la que usted haya trabajado.
- ¿Cuáles son las tres funciones básicas de una empresa?
- Mencione las diez áreas de decisión de la administración de operaciones.
- Enumere cuatro áreas significativas para mejorar la productividad de la mano de obra.
- Estados Unidos, y sin duda muchos países del mundo, se concibe como una “sociedad de conocimiento”. ¿Cómo afecta esto la medición de la productividad y la comparación de la productividad entre Estados Unidos y los otros países?
- ¿Cuáles son los problemas de medición que surgen cuando se intenta medir la productividad?
- La personalización en masa y el rápido desarrollo de productos se han identificado como tendencias actuales en las operaciones modernas de manufactura. ¿Cuál es la relación entre ambas tendencias? ¿Puede citar algunos ejemplos?
- ¿Cuáles son las cinco razones por las que es difícil mejorar la productividad en el sector servicios?
- Describa algunas de las acciones tomadas por Taco Bell para incrementar su productividad y que han dado como resultado la capacidad de Taco Bell para servir el “doble de volumen con la mitad de la mano de obra”.



EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

La productividad promedió en Estados Unidos 2.5% durante casi los 100 años anteriores a 1973, año en que cayó a casi la mitad y permaneció así durante 25 años. En los años recientes, los incrementos en la productividad regresaron al nivel de 2.5%. ¿A qué atribuye usted la caída de la productividad que duró 25 años?



PROBLEMAS

- 1.1 John Lucy hace cajas de madera para el envío de motocicletas. John y sus tres empleados invierten 40 horas al día en hacer 120 cajas.
 - a) ¿Cuál es su productividad?
 - b) John y sus empleados han considerado rediseñar el proceso para mejorar su eficiencia. Si pueden aumentar su promedio a 125 por día, ¿cuál será su nueva productividad?
 - c) ¿Cuál será su *incremento* en productividad?
- 1.2 Riverside Metal Works produce válvulas de bronce moldeadas en una línea de ensamble con 10 personas. Hace poco, produjeron 160 válvulas en un turno de 8 horas. Calcule la productividad laboral de la línea.
- 1.3 Revise el *The Wall Street Journal*, la sección financiera de algún diario o lea las noticias de negocios en línea. Elija artículos sobre bienes *versus* servicios, productividad y tecnología para la producción. Planee compartir sus artículos para discusión en clase.
- 1.4 Como tarea por realizar en la biblioteca o en Internet, encuentre la tasa de productividad de Estados Unidos (incremento) del año pasado en a) la economía nacional, b) el sector manufactura y c) el sector servicios.
- 1.5 Lori produce “paquetes para el cuidado de los exámenes finales” para revenderlos por medio de la sociedad de alumnas. Ella trabaja actualmente 5 horas al día para producir 100 paquetes.
 - a) ¿Cuál es la productividad de Lori?
 - b) Lori piensa que si rediseña los paquetes puede incrementar su productividad total a 133 paquetes por día, ¿cuál será su nueva productividad?
 - c) ¿Cuál será el incremento en productividad si Lori hace el cambio?
- 1.6 Eric Johnson fabrica bolas de billar en su planta de Nueva Inglaterra. Con los recientes incrementos en sus costos, ha encontrado un nuevo interés en la eficiencia. Eric está interesado en determinar la productividad de su organización; le gustaría saber si mantiene su incremento promedio de productividad en la manufactura en 3%. Cuenta con la siguiente información relativa a un mes del año pasado y su equivalente a un mes del presente año:

| | AÑO ANTERIOR | AÑO ACTUAL |
|------------------------|--------------|------------|
| Unidades producidas | 1,000 | 1,000 |
| Mano de obra (horas) | 300 | 275 |
| Resina (libras) | 50 | 45 |
| Capital invertido (\$) | 10,000 | 11,000 |
| Energía (BTU) | 3,000 | 2,850 |

Muestre el cambio en productividad para cada categoría y después determine la mejora en horas-trabajo, el estándar de comparación.

- 1.7 Eric Johnson determina, a partir de los datos del problema 1.6, sus costos de la siguiente manera:
 - mano de obra \$10 por hora;
 - resina \$5 por libra;
 - capital 1% mensual de inversión;
 - energía \$.50 por BTU.
 Muestre el cambio en la productividad de un mes del año anterior contra un mes de este año, con base en la productividad de múltiples factores cuyo denominador común son dólares.
- 1.8 Kleen Karpet limpió 65 alfombras en octubre, tarea en la que utilizó los siguientes recursos:

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| Mano de obra: | 520 horas a \$13 por hora |
| Solvente: | 100 galones a \$5 por galón |
| Renta de maquinaria: | 20 días a \$50 por día |

- a) ¿Cuál es la productividad laboral?
- b) ¿Cuál es la productividad de múltiples factores?

- : 1.9 David Upton es presidente de Upton Manufacturing, productora de llantas para Go-Kart. Upton produce 1,000 llantas por día con los siguientes recursos:

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| Mano de obra: | 400 horas a \$12.50 por hora |
| Materias primas: | 20,000 libras por día a \$1 por libra |
| Energía: | \$5,000 por día |
| Capital: | \$10,000 por día |

- a) ¿Cuál es la productividad laboral para estas llantas en Upton Manufacturing?
 b) ¿Cuál es la productividad de múltiples factores para estas llantas en Upton Manufacturing?
 c) ¿Cuál es el cambio porcentual en la productividad de múltiples factores, si Upton puede reducir la factura de energía en \$1,000 sin reducir la producción o cambiar la calidad de los otros insumos?
- : 1.10 Sawyer's, una panadería local, está preocupada por el incremento en costos, en particular la energía. Los registros del año pasado pueden proveer una muy buena estimación de los parámetros de este año. Judy Sawyer, la propietaria, no cree que las cosas hayan cambiado mucho, pero invirtió 3,000 dólares adicionales para modificar los hornos y hacerlos más eficientes en el consumo de energía. Se suponía que las modificaciones harían cuando menos 15% más eficientes a los hornos. Sawyer le solicita que revise los ahorros en energía de los nuevos hornos y también que revise otras medidas de la productividad de la panadería, para saber si las modificaciones fueron benéficas. Usted cuenta con los siguientes datos para trabajar:

| | AÑO ANTERIOR | AÑO ACTUAL |
|------------------------|--------------|------------|
| Producción (docenas) | 1,500 | 1,500 |
| Mano de obra (horas) | 350 | 325 |
| Capital invertido (\$) | 15,000 | 18,000 |
| Energía (BTU) | 3,000 | 2,750 |

- : 1.11 Cunningham Performance Auto, Inc. modifica 375 automóviles cada año. El administrador, Peter Cunningham, está interesado en obtener una medida de productividad general. Para ello le solicita que le proporcione una medida de múltiples factores del desempeño del año anterior como punto de comparación para el futuro. Usted ha logrado obtener la siguiente información. Los recursos de entrada fueron: mano de obra, 10,000 horas; 500 juegos de suspensión y modificación de motores; y energía, 100,000 kilowatt/horas. El costo promedio por mano de obra el año pasado fue \$20 por hora, cada juego costó \$1,000 y el costo de energía fue \$3 por kilowatt/hora. ¿Qué le dirá al señor Cunningham?
- : 1.12 Lake Charles Seafood hace diariamente 500 cajas de empaque para productos del mar, trabajando dos turnos de 10 horas. Dada una mayor demanda, los administradores de la planta han decidido operar tres turnos de 8 horas por día. Actualmente la planta es capaz de producir 650 cajas por día. Calcule la productividad de la compañía antes de que se produzcan los cambios y después de ellos. ¿Cuál es el incremento porcentual en productividad?
- : 1.13 Charles Lackey opera una panadería en las cataratas de Idaho. Debido a su excelente producto y ubicación, la demanda ha aumentado 25% en el último año. En muchas ocasiones las personas no pudieron comprar el pan de su preferencia. Por el tamaño del local no puede agregar más hornos. En una reunión con el personal, un empleado sugirió maneras distintas de cargar los hornos con el fin de hornear más pan al mismo tiempo. El nuevo proceso requerirá que los hornos se carguen manualmente y que se contrate a más trabajadores. Esto es lo único que se puede cambiar. La paga de los empleados será \$8 por hora. Si la panadería hizo 1,500 hogazas de pan el año pasado, en esta misma temporada, con una productividad laboral de 2.344 hogazas por hora-trabajo, ¿cuántos trabajadores necesita agregar Lackey? (*Pista:* Cada trabajador labora 160 horas al mes.)
- : 1.14 Vea el problema 1.13. Charles Lackey también puede mejorar el rendimiento comprando una mejor batidora. La nueva batidora significa un aumento en su inversión. Esta inversión adicional tiene un costo de \$100 cada mes, pero él logrará la misma salida que con el cambio en la mano de obra (un incremento a 1,875). ¿Cuál es la mejor decisión?
- a) Muestre el cambio en la productividad con un incremento en la mano de obra (de 640 a 800 horas).
 b) Muestre el cambio en productividad con el cambio en inversión (\$100 más por mes).
- : 1.15 Vea los problemas 1.13 y 1.14. Si los costos de luz, agua y gas de Charles Lackey permanecen constantes en \$500 al mes, la mano de obra en \$8 por hora y el costo de los ingredientes en \$0.35 por libra, pero Charles no compra la batidora sugerida en el problema 1.14, ¿cuál será la productividad de la panadería? ¿Cuál será el porcentaje de incremento o de decremento?



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página de tareas en Internet, www.pearsoneducacion.net/heizer, para resolver estos problemas adicionales de tarea: 1.16 y 1.17.

CASO DE ESTUDIO

National Air Express

National Air es una empresa competitiva de mensajería aérea con oficinas en todo el país. Frank Smith, administrador de la estación de Chattanooga, Tennessee, está preparando su informe presupuestal trimestral, el cual se presentará en la reunión regional del sureste la próxima semana. Está muy preocupado por añadir gasto de capital a la operación cuando el negocio no ha aumentado de manera significativa. Éste ha sido el peor primer trimestre que puede recordar: tormentas de nieve, temblores y mucho frío. Le ha pedido a Martha Lewis, supervisora de servicios de campo, que le ayude a revisar los datos disponibles y le ofrezca posibles soluciones.

Métodos de servicio

National Air ofrece entregas a domicilio la mañana siguiente de mensajería aérea dentro de Estados Unidos. Smith y Lewis manejan una flota de 24 camiones para mover la carga en el área de Chattanooga. Las rutas se asignan por áreas, casi siempre limitadas por los límites de los códigos postales, las calles principales o las características geográficas clave, como el río Tennessee. Por lo general, los paquetes se recogen entre 3:00 P.M. y 6:00 P.M., de lunes a viernes. Las rutas del chofer son una combinación de las paradas diarias programadas y las solicitadas por los clientes cuando lo necesitan. Las llamadas para recoger paquetes se solicitan al chofer por radio. Los compromisos se pactan por adelantado para las paradas regulares en cuanto a la hora en que los paquetes están listos. Sin embargo, los clientes individuales, casi siempre solicitan que los recojan lo más tarde posible, justo antes de cerrar (casi siempre a las 5:00 P.M.).

Cuando el chofer llega a cada lugar, proporciona los materiales necesarios (sobres o cajas si se solicitan) y debe recibir una forma que el cliente llena con los datos del envío por cada paquete. Debido a que la in-

dustria es extremadamente competitiva, un chofer profesional amable es indispensable para conservar a los clientes. En consecuencia, Smith siempre se ha preocupado por que los choferes no apuren a los clientes mientras llenan los papeles o empaacan.

Consideraciones de presupuesto

Smith y Lewis han descubierto que durante el último trimestre muchas veces no han podido cumplir las solicitudes con hora programada de sus clientes. Si bien los choferes no están manejando más trabajo en promedio, ciertos días no pueden llegar a tiempo a cada lugar. Smith no cree que pueda justificar un incremento en el costo semanal por \$1,200 para camiones y choferes adicionales, mientras la productividad (medida en embarques por camión/día) permanezca igual. La compañía se ha establecido como operadora de bajo costo en la industria, pero al mismo tiempo, se ha comprometido a ofrecer un servicio de calidad y valor a sus clientes.

Preguntas para analizar

1. ¿Sigue siendo útil la medida de productividad de embarques por día por camión? ¿Existen alternativas que pudieran ser efectivas?
2. ¿Qué puede hacerse para reducir la variabilidad diaria de las solicitudes para recoger material? ¿Puede esperarse que el chofer esté en varios lugares al mismo tiempo a las 5:00 P.M.?
3. ¿Cómo debemos medir el desempeño de recoger los paquetes? ¿Son útiles los estándares en un entorno donde influyen el clima, el tráfico y otras variables aleatorias? ¿Cree que otras compañías enfrenten problemas parecidos?

Fuente: Adaptado de un caso de Phil Pugliese, bajo la supervisión de la profesora Marilyn M. Helms, University of Tennessee en Chattanooga. Reimpreso con autorización.

CASO DE ESTUDIO

Zychol Chemicals Corporation

Bob Richards, gerente de producción de Zychol Chemicals en Houston, Texas, está preparando su informe trimestral que debe incluir el análisis de productividad de su departamento. Una de las entradas consiste en los datos de producción que ha preparado Sharon Walford, su analista de operaciones. El informe que ella le entregó esta mañana muestra lo siguiente:

| | 2002 | 2003 |
|---|-----------|-----------|
| Producción (unidades) | 4,500 | 6,000 |
| Materias primas empleadas (barriles de subproductos del petróleo) | 700 | 900 |
| Horas de trabajo | 22,000 | 28,000 |
| Costo de capital aplicado al departamento (\$) | \$375,000 | \$620,000 |

Bob sabía que su costo de mano de obra por hora había aumentado de un promedio de \$13 por hora a \$14 por hora, debido principalmente a un movimiento administrativo que buscaba ser más competitivo con una nueva compañía que acababa de abrir una planta en el área. También sabía que su costo promedio por barril de materia prima había aumentado de \$320 a \$360. Estaba preocupado por los procedimientos contables que incre-

mentaron su costo de capital de \$375,000 a \$620,000, pero discusiones previas con su jefe le sugirieron que nada se podía hacer respecto de esa asignación.

Bob se preguntaba si su productividad había aumentado en algo. Llamó a Sharon a su oficina y le dio la información anterior y le pidió que preparara esta parte del reporte.

Preguntas para analizar

1. Prepare la sección del reporte sobre productividad para el señor Richards. Es posible que espere algún análisis de insumos de productividad para todos los factores, así como el análisis de múltiples factores para ambos años con el cambio en productividad (ascendente o descendente) y la cantidad señalada.
2. El índice de precios del productor ha aumentado de 120 a 125, y este hecho parece indicar al señor Richards que sus costos eran muy altos. ¿Qué le diría acerca de cuáles son las implicaciones de este cambio en el índice de precio del productor?
3. La expectativa de la administración para los departamentos como el del señor Richards es un incremento de 5% en la productividad anual. ¿Alcanzó su meta?

Fuente: Profesor Hank Maddux III, Sam Houston State University.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Hard Rock Cafe: Administración de operaciones en los servicios

En sus 30 años de existencia, Hard Rock ha crecido de un modesto bar en Londres a una potencia global que maneja 110 cafés, tres hoteles, casinos, música rock en vivo, un museo del rock y el gigantesco concierto anual Rockfest. Esto coloca a Hard Rock de manera firme dentro de la industria de servicios, sector que emplea a más de 75% de las personas en Estados Unidos. En 1988, Hard Rock trasladó su oficina principal a Orlando, Florida y se ha expandido a más de 40 lugares en todo el país, sirviendo más de 100,000 comidas cada día. Los chefs de Hard Rock están modificando su menú del clásico americano —hamburguesas y alas de pollo— para incluir artículos de más prestigio, como costillas de cordeiro estofadas y colas de langosta. Conforme cambian los gustos en la música, Hard Rock cambia con nuevos menús, distribuciones, recuerdos musicales, servicios y estrategias.

En los Estudios Universal de Orlando, un destino turístico tradicional, Hard Rock Cafe sirve más de 3,500 comidas al día. El café ocupa alrededor de 400 personas. La mayoría trabaja en el restaurante, pero algunos trabajan en la tienda. La venta al menudeo es una característica cada vez más destacada en los Hard Rock Cafe (puesto que casi 48% de sus ingresos provienen de esta fuente). Los empleados del café incluyen personal de cocina y meseros, anfitriones y cantineros. Los empleados de Hard Rock no sólo son competentes en sus habilidades laborales, también son apasionados de la música y tienen personalidades atractivas. El personal del café está programado en intervalos de 15 minutos para satisfacer los cambios estacionales y diarios en la demanda que genera el ambiente turístico de Orlando. Se realizan encuestas regularmente para evaluar la calidad de la comida y el servicio del café. Se califica en una escala de 1 a 7 y si la calificación no es 7, la comida o el servicio son un fracaso.

Hard Rock está dando mayor importancia a la música en vivo y está rediseñando sus restaurantes para ajustarse a los nuevos gustos. Desde que Eric Clapton colgó su guitarra en la pared para marcar su lugar preferido en el bar, Hard Rock se ha convertido en el coleccionista y exhibidor líder de recuerdos del rock'n'roll, con exposiciones que cambian en sus cafés de todo el mundo. La colección incluye miles de piezas y está valuada en 40 millones de dólares. Para estar al día, Hard Rock también mantiene un sitio Web, www.hardrock.com, el cual recibe más de 100,000 visitas por semana y un programa semanal de televisión por cable en VH-1. El reconocimiento de la marca Hard Rock, de 92%, es uno de los más altos en el mundo.

Preguntas para analizar

1. Con base en su conocimiento de restaurantes, el video, el *Perfil global de la compañía* que abre este capítulo, y este caso, identifique cómo se aplican cada una de las diez decisiones de la administración de operaciones en Hard Rock.
2. ¿Cómo determinaría la productividad del personal de cocina y los meseros en Hard Rock?
3. ¿En qué son diferentes las 10 decisiones de AO cuando se aplican al administrador de operaciones de la operación de un servicio como el de Hard Rock comparado con una compañía de automóviles como Ford Motor Company?

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

CASO DE ESTUDIO ADICIONAL

Harvard seleccionó este caso de Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Taco Bell Corp.** (núm. 692-058): Ilustra el poder del pensamiento innovador en una industria de servicio.



BIBLIOGRAFÍA

- Deo, Balbinder S. y Doug Strong. "Cost: The Ultimate Measure of Productivity". *Industrial Management* 42, núm. 3 (mayo-junio de 2000): 20-23.
- Dewan, Sanjeev. "Information Technology and Productivity: Evidence from Country-Level Data". *Management Science* 46, núm. 4 (abril de 2000): 548-562.
- Drucker. "The New Productivity Challenge". *Harvard Business Review* 69, núm. 6 (noviembre-diciembre de 1991): 69.

- Hounshell, D.A. *From the American System to Mass Production 1800-1932: The Development of Manufacturing*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1985.
- Taylor, F.W. *The Principles of Scientific Management*. Nueva York: Harper & Brothers, 1911.
- Van Biema, Michael y Bruce Greenwald. "Managing Our Way to Higher Service-Sector Productivity". *Harvard Business Review* 75, núm. 4 (julio-agosto de 1997): 87-95.
- Wrege, C.D. *Frederick W. Taylor, The Father of Scientific Management: Myth and Reality*. Homewood, IL: Business One Irwin, 1991.



RECURSOS DE INTERNET

- American Productivity and Quality Center: <http://www.apqc.org/>
- American Statistical Association (ASA) ofrece vínculos con datos de negocios y economía, un índice para la búsqueda de datos estadísticos: <http://www.econ-datalinks.org/>
- Economics and Statistical Administration: <http://www.esa.doc.gov>

- Federal Statistics: <http://www.fedstats.gov>
- F.W. Taylor Collection en el Stevens Institute of Technology: <http://www.attila.stevens-tech.edu/~rdowns/>
- U.S. Bureau of Labor Statistics: <http://www.stats.bls.gov/>
- U.S. Census Bureau: <http://www.census.gov>

Estrategia de operaciones en un entorno global

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LA ESTRATEGIA GLOBAL DE BOEING LE REEDITA VENTAJA COMPETITIVA

UNA VISIÓN GLOBAL DE LAS OPERACIONES

Aspectos culturales y éticos

DESARROLLO DE MISIONES Y ESTRATEGIAS

Misión

Estrategia

LOGRO DE UNA VENTAJA COMPETITIVA MEDIANTE LAS OPERACIONES

Competiendo en diferenciación

Competiendo en costo

Competiendo en respuesta

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS EN ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

ASPECTOS SOBRE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

Investigación

Condiciones previas

Dinámica

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Identificación de los factores críticos para el éxito

Construcción de la organización y asignación de personal

Integración de la administración de operaciones con otras actividades

OPCIONES DE ESTRATEGIA EN LAS OPERACIONES GLOBALES

Estrategia internacional

Estrategia multidoméstica

Estrategia global

Estrategia transnacional

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

PROBLEMAS

CASO DE ESTUDIO: MINIT-LUBE, INC.

CASOS DE ESTUDIO EN VIDEO: ESTRATEGIA EN REGAL MARINE; ESTRATEGIA GLOBAL DE HARD ROCK CAFE

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Misión

Estrategia

Diez decisiones de AO

Corporación multinacional

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Los enfoques específicos que emplea la AO para llevar a cabo las estrategias

Diferenciación

Bajo costo

Respuesta

Cuatro estrategias de operaciones globales

Por qué son importantes los aspectos globales

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

La estrategia global de Boeing le reditúa ventaja competitiva

En la construcción de su último producto, el 777, Boeing asumió un enorme riesgo financiero por 4,000 millones de dólares. La competencia global no sólo significa encontrar proveedores excepcionales, donde quiera que se encuentren, sino también proveedores que estén dis-

puestos a sumarse al riesgo que implica un nuevo producto. Boeing encontró a sus socios del 777 en más de una docena de países; algunos se muestran en la tabla siguiente. Estos "socios", que invirtieron 1,500 millones de dólares, no sólo compartieron el riesgo, también proporcionaron una ventaja a todas las partes: incluir con-

tenido local en el avión. Según Boeing, es más probable que los países con una participación importante en la manufactura del 777 sean compradores de Boeing que del competidor europeo Airbus Industries. Una de estas naciones es Japón, cuyo consorcio formado por Fuji, Kawasaki y Mitsubishi fabrica una quinta parte del



El esfuerzo de compras mundiales de Boeing da como resultado componentes que se unen en la línea de ensamble del 777 en Everett, Washington. Si bien los componentes llegan de todo el mundo, cerca de 20% de la estructura del 777 proviene de un consorcio japonés de Fuji, Kawasaki y Mitsubishi.

Algunos proveedores internacionales de componentes para el Boeing 777

| EMPRESA | PAÍS | PARTES |
|------------------------|-------------|---|
| Alenia | Italia | Flaps de alas |
| AeroSpace Technologies | Australia | Timón |
| CASA | España | Alerones |
| Fuji | Japón | Puertas del tren de aterrizaje, sección del ala |
| GEC Avionics | Reino Unido | Computadoras de vuelo |
| Hawker de Havilland | Australia | Elevadores |
| Kawasaki | Japón | Fuselaje (secciones 43, 44); puertas de carga |
| Korean Air | Corea | Soportes de flaps |
| Menasco Aerospace | Canadá | Tren de aterrizaje |
| Messier-Bugatti | Francia | Tren de aterrizaje |
| Mitsubishi | Japón | Fuselaje (secciones 46, 47, 48); puertas de pasajeros |
| Short Brothers | Irlanda | Puertas del tren de aterrizaje |
| Singapore Aerospace | Singapur | Puertas del tren de aterrizaje |
| Smiths Industries | Reino Unido | Sistemas electrónicos |

BOEING



Estrictos contratos con el proveedor aseguran la entrega de componentes de calidad, a tiempo y dentro del presupuesto, para la línea de ensamble final de Boeing. Todo se une en un producto en Everett. Véase un análisis de las líneas de ensamble en el capítulo 6, “estrategia de distribución física”.

Las secciones del fuselaje del avión se fabrican en Japón. Estas piezas pesan 14,000 libras (al centro de la fotografía) y alojan el sostén trasero inferior de carga y la sección de clase económica en el interior de la cabina de pasajeros.



cuerpo del avión, incluyendo la mayor parte del fuselaje, partes de las alas y las puertas del tren de aterrizaje.

Boeing contrató más de la mitad del trabajo fuera de Estados Unidos, ahorrando con ello 600 millones de dólares al año. Sin embargo, su estrategia no está exenta de críticas. Para los obreros de Boeing, que ganan en promedio 25 dólares por hora, esta práctica los ha llevado a manifestarse con letreros con consignas como: “Exporta aviones, no nuestros empleos”. Pero Boeing argumenta que es imposible exportar aviones sin mandar un número significativo de empleos al exterior. En la actualidad, cuando un país extranjero acuerda comprar aviones con Boeing casi siempre lo hace con la condición de que una parte del trabajo se realice en su país. Los sindicatos de trabajadores están en desacuerdo. Nuestro principal competidor no es Airbus, dicen; son los trabajadores de México, Corea y Polonia.

El administrador de operaciones de nuestros días debe tener una visión global de la estrategia de operaciones. El rápido crecimiento del comercio mundial y de los mercados emergentes, como China y Europa Oriental, significa que muchas organizaciones deben ampliar sus operaciones globalmente. Fabricar un producto sólo en Estados Unidos y luego exportarlo ya no garantiza ni el éxito ni la supervivencia. Existen nuevos estándares de competitividad global que incluyen calidad, variedad, personalización, conveniencia, fechas de entrega y costo. Esta globalización de la estrategia aporta eficiencia y agrega valor a los productos y servicios que se ofrecen en el mundo, pero también complica la tarea del administrador de operaciones.

Las compañías responden ahora al entorno global con estrategias y rapidez impensables en el pasado. Por ejemplo:

- Boeing es competitiva porque sus ventas y su producción son mundiales.
- Benetton de Italia mueve inventarios a tiendas alrededor del mundo más rápido que sus competidores, integrando la flexibilidad en sus diseños, producción y distribución.
- Sony compra componentes de proveedores en Tailandia, Malasia y en otras naciones para el ensamble de sus productos electrónicos.
- General Motors construye de manera simultánea cuatro plantas similares en Argentina, Polonia, China y Tailandia, con el fin de que unos aprendan de los otros y disminuyan los costos al tiempo que aumentan la calidad.

“Ninguna gran civilización se ha desarrollado aislada”.
Thomas Sewell

Las oportunidades del entorno global suelen ser tentadoras, sin embargo, el administrador de operaciones debe darse cuenta de que también se crean barreras. La complejidad, el riesgo y la competencia se intensifican; las compañías deben ser muy cuidadosas en estos aspectos.¹

UNA VISIÓN GLOBAL DE LAS OPERACIONES²

Existen muchas razones por las que una operación comercial nacional querría transformarse en alguna forma de operación internacional. Esto puede verse como algo continuo que va de lo tangible a lo intangible (véase la figura 2.1). Examinemos cada una de las seis razones que se enumeran en la figura 2.1.

El alto costo de la mano de obra alemana ha obligado a Hugo Boss AG, productor de ropa alemán, a llevar más de la mitad de su producción a Europa Central y Norteamérica.

Reducir costos Muchas operaciones internacionales buscan aprovechar las oportunidades tangibles para disminuir sus costos. Una localización en el extranjero con salarios más bajos puede ayudar a disminuir los costos directos e indirectos. (Véase el recuadro *AO en acción*, “la producción estadounidense de dibujos animados se siente en casa en Manila”). Las normas gubernamentales menos estrictas sobre una amplia variedad de prácticas de operación (por ejemplo, cuidado ambiental, salud, seguridad) reducen los costos. La oportunidad de disminuir el costo de impuestos y aranceles también estimula las operaciones externas. En México, la creación de las **maquiladoras** (zonas de libre comercio) hace posible que los fabricantes reduzcan el costo de sus impuestos al pagar sólo por el valor que agregan los trabajadores mexicanos.³ Si un fabricante estadounidense, como IBM, lleva a la operación de una maquiladora una computadora de 500 dólares cuyo trabajo de ensamble cuesta 25 dólares, la carga impositiva sólo afecta los 25 dólares del trabajo desempeñado en México.

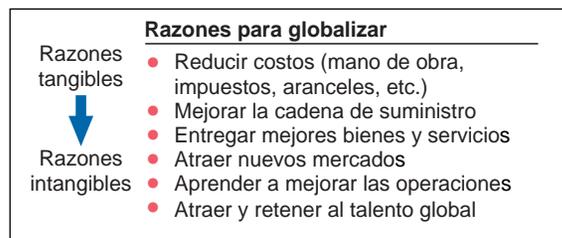
Maquiladoras
Fábricas mexicanas ubicadas a lo largo de la frontera entre México y Estados Unidos que reciben un trato arancelario preferencial.

Desplazar trabajos de poca especialización a otro país tiene diversas ventajas potenciales. La primera y más evidente es que la empresa puede reducir costos. La segunda, llevar los trabajos de poca especialización a un lugar más económico libera a los trabajadores de más alto costo para tareas de mayor valor. La tercera, reducir los costos salariales, permite que los ahorros se inviertan en mejorar los productos y las instalaciones (y en la nueva capacitación de los trabajadores, si es necesario) en el lugar nacional. El efecto de este enfoque se muestra en el recuadro *AO en acción*, “una perspectiva global aporta ventajas competitivas”.

FIGURA 2.1 ■

Razones para globalizar las operaciones

Fuente: Adaptado de M. J. Schniederjans, *Operations Management: A Global Context* (Nueva York: Quorum Books, 1998).



¹Véase el análisis relacionado en Pankaj Ghemawat, “Distance Still Matters”, *Harvard Business Review* 79, núm. 8 (septiembre de 2001): 137-147.

²Los autores desean agradecer al profesor Marc J. Schniederjans, de University of Nebraska, su amplia colaboración y asistencia en el desarrollo de esta sección del capítulo. El profesor Schniederjans es autor de *Operations Management: A Global Context* y de *International Facility Location and Acquisition Analysis*, publicados por Quorum Books, 1998.

³L. E. Koslow, *Business Abroad* (Houston: Gulf Publishing, 1996): 55-56.

AO EN ACCIÓN

La producción estadounidense de dibujos animados se siente en casa en Manila

Pedro Picapiedra no es nativo de Rocadura, sino de Manila, Filipinas. También lo son Tom y Jerry, Aladino y el Pato Donald. Más de 90% de las caricaturas de la televisión estadounidense se producen en Asia, y Filipinas es el principal productor. Con la ventaja natural de tener el inglés como lengua oficial y una fuerte familiaridad con la cultura estadounidense, las compañías de dibujos animados en Manila emplean actualmente a más de 1,700 personas. Los filipinos piensan como los occidentales, y "sólo necesitamos tener un grupo de artistas que entiendan la clase de humor que va con ellos", dice Bill Dennis, un ejecutivo de Hanna-Barbera.

Estudios tan importantes como Disney, Marvel, Warner Brothers y Hanna-Barbera envían sus *storyboards* —bosquejos de la acción de las caricaturas— y las pistas de voz a Filipinas, donde los artistas locales dibujan, pintan y filman cerca de 20,000 bocetos para un episodio de 30 minutos. El costo de 130,000 dólares para producir un episodio en Filipinas contrasta con el de 160,000 en Corea y 500,000 en Estados Unidos.



Fuentes: *Variety* (7-13 de enero de 2002): 43; y *The New York Times* (25 de junio de 1999): 60.

Organización Mundial de Comercio (OMC)

Organismo internacional que ayuda a promover el comercio mundial mediante la disminución de las barreras que obstaculizan el libre flujo de bienes a través de las fronteras.

TLCAN

Acuerdo de libre comercio entre Canadá, México y Estados Unidos.

Unión Europea (UE)

La UE está integrada por 15 países (Bélgica, Alemania, Francia, Italia, Luxemburgo, Holanda, Dinamarca, Irlanda, Reino Unido, Grecia, España, Portugal, Austria, Finlandia y Suecia) y se prepara para que se unan 13 naciones más del sur y este de Europa.

Los tratados comerciales también han ayudado reducir los aranceles y, de este modo, a disminuir el costo de operar instalaciones en países extranjeros. La **Organización Mundial de Comercio (OMC)** ha ayudado a reducir los aranceles de 40% en 1940 a 3% en 1995. Otro tratado comercial importante es el **Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN)**. El TLCAN busca eliminar todas las barreras arancelarias entre Canadá, México y Estados Unidos. Otros tratados comerciales que están acelerando el comercio global incluyen el APEC (los países de la Cuenca del Pacífico), SEATO (Australia, Nueva Zelanda, Japón, Hong Kong, Corea del Sur, Nueva Guinea y Chile) y MERCOSUR (Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay).

Otro grupo comercial es la **Unión Europea (UE)**. La Unión Europea ha reducido las barreras comerciales entre las naciones europeas participantes mediante la estandarización y el uso de una moneda común, el euro. Sin embargo, este importante socio comercial de Estados Unidos, con 375 millones de personas, está imponiendo algunas de las condiciones más restrictivas sobre los productos que vende Estados Unidos. Todo, desde estándares de reciclaje hasta defensas de automóviles y productos agrícolas libres de hormonas, debe satisfacer los estándares de la UE, lo que complica el libre comercio de estos artículos.

Mejorar la cadena de suministro La cadena de suministro a menudo puede mejorarse al localizar instalaciones en países donde se puede disponer de recursos únicos. Estos recursos pueden ser experiencia, mano de obra o materias primas. Por ejemplo, los estudios de diseño de autos de todas partes del mundo se están mudando a la meca del automóvil, el sur de California, para asegurarse de que contarán con la experiencia necesaria en diseño contemporáneo de automóviles. De manera similar, la producción mundial de tenis se ha trasladado de Corea del Sur a Guangzhou, China. Este sitio aprovecha la ventaja del bajo costo de la mano de obra y la competencia en producción en una ciudad en la que 40,000 personas trabajan en la producción de calzado deportivo para todo el mundo. Y un fabricante de esencias de perfume desea tener presencia en Grasse, Francia, donde se preparan la mayoría de las esencias con flores del Mediterráneo.

Proporcionar mejores bienes y servicios Si bien las características de los bienes y servicios pueden ser objetivas y mensurables (por ejemplo, el número de entregas a tiempo), también pueden ser subjetivas y difíciles de medir (piense, por ejemplo, en la sensibilidad a la cultura). Necesitamos cada vez más entender mejor las diferencias culturales y la forma en que se manejan los negocios en los distintos países. Mejorar la comprensión como resultado de la presencia local permite que las empresas personalicen sus productos y servicios para satisfacer las necesidades culturales particulares de los mercados extranjeros.

Otra razón para realizar operaciones internacionales es reducir el tiempo de respuesta para satisfacer los requerimientos cambiantes de los clientes respecto a bienes y servicios. Los clientes que adquieren productos y servicios de empresas estadounidenses se localizan cada vez más en países extranjeros. Un servicio rápido y adecuado a menudo puede mejorarse si se ubican instalaciones en dichos países.

Atraer nuevos mercados Debido a que las operaciones internacionales requieren la interacción con clientes, proveedores y otros negocios competitivos extranjeros, las empresas internacionales aprenden, inevitablemente, cuáles son las oportunidades para los nuevos productos y servicios. El conocimien-

AO EN ACCIÓN

Una perspectiva global aporta ventajas competitivas

Aerovox, Inc., con base en New Bedford, Massachusetts, estaba al filo de la bancarrota cuando cambió 300 de sus 700 plazas de trabajo a Ciudad Juárez, México. Los capacitores de 2 dólares que Aerovox fabricaba en el taller de New Bedford son un artículo para almacenar una carga eléctrica en aparatos como refrigeradores. Aerovox transformó el negocio de los capacitores de bajo margen que perdía dinero, en un negocio redituable al trasladarse a Ciudad Juárez. Los ingresos de esta empresa le permitieron completar dos adquisiciones, una en Huntsville, Alabama, y otra en el Reino Unido. Ambas adquisiciones hicieron posible que Aerovox desarrollara productos más sofisticados y lograra el reequipamiento para producirlos. Los empleados de Aerovox en Estados Unidos producen ahora partes diseñadas a la medida para desfibriladores portátiles. El precio de estos componentes oscila entre 30 y 5,000 dólares la pieza. Ac-

tualmente, Aerovox tiene 1,600 empleados en su fuerza de trabajo mundial y sus ventas se han duplicado.

Con un enfoque global ligeramente diferente, Dana Corp., con base en Toledo, Ohio, estableció una alianza estratégica con Cardanes, S.A., para producir transmisiones de camiones en Querétaro, México. Después, Dana cambió la producción de 288 de sus empleados estadounidenses en su planta de Jonesboro, Arkansas, de transmisiones de camión en punto de equilibrio a ejes con ganancias. La productividad en Jonesboro se ha incrementado y la alianza estratégica con México está haciendo dinero. Tanto los empleados de Jonesboro y Querétaro, como los accionistas, están contentos con la maniobra.

Organizaciones con muchos recursos como Aerovox y Dana emplean una perspectiva global para mejorar su eficiencia, lo que les permite desarrollar nuevos productos, retener a los empleados e invertir en nuevas plantas y equipo.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (15 de noviembre de 1999): A28; *Quality Progress* (septiembre de 2001): 51-61; y www.dana.com/news/.

to de estos mercados no sólo ayuda a incrementar las ventas, también hace posible que las organizaciones diversifiquen su base de clientes y suavicen el ciclo de negocios. Las operaciones globales pueden agregar flexibilidad a la producción con el fin de que los productos y servicios se intercambien entre las economías en auge y las que no lo están.

Otra razón para ir a los mercados extranjeros es la oportunidad de ampliar el *ciclo de vida* (es decir, las etapas por las que atraviesa un producto; véase el capítulo 3) de un producto existente. Así, mientras algunos productos están en la etapa de “madurez” de su ciclo de vida en Estados Unidos, pueden ser productos modernos en países menos desarrollados. Por ejemplo, el mercado estadounidense de computadoras personales puede caracterizarse como “maduro”, pero en países en desarrollo como Albania, China y Burma (Myanmar) está en la etapa de “introducción”.



Una estrategia mundial coloca una carga más en la administración de operaciones. Debido a las diferencias económicas y de estilos de vida, los diseñadores deben enfocar los productos a cada mercado. Por ejemplo, las secadoras centrífugas de las lavadoras de ropa que se venden en los países del Norte deben dejar la ropa más seca que las de los países con climas más cálidos, donde es probable que los consumidores cuelguen la ropa para que se seque al sol. De igual manera, como se muestra en la foto, los refrigeradores Whirlpool que se venden en Bangkok se fabrican en colores vivos porque a menudo se colocan en la sala de la casa.

La globalización puede llevarnos a la fábrica flotante: una tripulación de seis personas lleva la fábrica de un puerto a otro con el fin de obtener mejores mercados, materiales, mano de obra y ventajas tributarias.

La industria de servicios, en forma de centro vacacional flotante (el crucero), ofrece un claro ejemplo.

“La ética del mercado mundial es bastante clara. Los fabricantes se moverán a donde sea más barato o más conveniente para sus intereses”.

Carlos Arias Macelli,
propietario de una planta
en Guatemala que surte a
J.C. Penney

Aprender a mejorar las operaciones El aprendizaje no ocurre en el vacío. Las empresas se sirven a sí mismas y a sus clientes cuando permanecen abiertas al libre flujo de ideas. Por ejemplo, General Motors se dio cuenta de que podía mejorar sus operaciones al construir y operar, junto con los japoneses, una planta de ensamble en San José, California. Esta estrategia le permite a GM contribuir con su capital y su conocimiento de las leyes laborales y ambientales de Estados Unidos, mientras que los japoneses contribuyen con sus ideas de producción e inventario. GM utilizó también a sus empleados y a expertos de Japón para que ayudaran a diseñar su planta Saturno en Estados Unidos con base en las ideas de producción japonesas. De manera similar, los administradores de operaciones han mejorado el equipo y la distribución de planta al aprender de las aptitudes ergonómicas de los escandinavos.

Atraer y retener el talento global Las organizaciones globales atraen y retienen a los mejores empleados al ofrecerles más oportunidades de trabajo. Dichas organizaciones necesitan personas en todas las áreas funcionales y de experiencia alrededor del mundo. Las empresas globales reclutan y retienen a los buenos empleados, porque les brindan mejores oportunidades de crecimiento y seguridad laboral en los tiempos de escasez económica. Durante las épocas de recesión en un país o en un continente, una empresa global tiene los medios para reubicar al personal innecesario en regiones más prósperas. Las empresas globales también ofrecen incentivos para las personas que les gusta viajar o tomar vacaciones en el extranjero.

Entonces, retomando la figura 2.1, lograr con éxito una ventaja competitiva en este mundo que se estrecha cada vez más significa maximizar todas las oportunidades, desde las tangibles hasta las intangibles, que las operaciones internacionales pueden ofrecer.

Aspectos culturales y éticos

Uno de los grandes desafíos al globalizar las operaciones es armonizar las diferencias en el comportamiento social y cultural. Con problemas que van desde la corrupción o la contratación de menores hasta la contaminación ambiental, los administradores a veces no saben cómo responder cuando realizan su trabajo en una cultura diferente. Lo que la cultura de un país considera aceptable, en otro puede ser inaceptable o ilegal.

Durante la última década, ha habido modificaciones en las leyes internacionales, los acuerdos y los códigos de conducta para definir el comportamiento ético entre los administradores del mundo.⁴ Por ejemplo, la Organización Mundial de Comercio ayuda a uniformar la protección para gobiernos e industrias contra las empresas extranjeras que incurren en conductas no éticas. Incluso en aspectos en los que existen diferencias culturales significativas, como la corrupción o la protección de la propiedad intelectual, la uniformidad global se va aceptando paulatinamente en la mayoría de las naciones.

A pesar de las diferencias culturales y éticas, vivimos un periodo de extraordinaria movilidad de capital, información, bienes y personas. Y cabe esperar que esto continúe así. El sector financiero, el de las telecomunicaciones y el de logística son instituciones saludables que promueven el uso eficiente y efectivo de capital, información y bienes. La globalización, con todas sus oportunidades y riesgos, ha llegado ya y al parecer continuará. Por ello, los administradores deben considerarla al desarrollar sus misiones y estrategias.

DESARROLLO DE MISIONES Y ESTRATEGIAS

Un esfuerzo efectivo de administración de operaciones debe tener una *misión* para saber a dónde va, y una *estrategia* para saber cómo llegar. Éste es el caso tanto de una pequeña organización nacional como de una importante organización internacional.

Misión

El éxito económico, y sin duda la supervivencia, es resultado de identificar misiones para satisfacer las necesidades y gustos de los clientes. Definimos la **misión** de la organización como su propósito, es decir, aquello con lo que contribuirá a la sociedad. Los enunciados de la misión señalan cuáles son los límites y enfoques de la organización, así como el concepto en torno al cual la empresa puede competir. La misión establece la razón de ser de la organización. El desarrollo de una buena estrategia es difícil, pero es mucho más sencillo cuando la misión se define con claridad. La figura 2.2 muestra ejemplos de enunciados de la misión.

Misión

Propósito o razón de ser de una organización.

⁴S. J. Carroll y M. J. Gannon, *Ethical Dimensions of International Management* (Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1997).

FIGURA 2.2 ■**Enunciado de la misión de tres organizaciones**

Fuente: Informes anuales: cortesía de Merck y FedEx. Hard Rock Cafe: *Employee Handbook*, 2001, pág. 3.

| |
|---|
| FedEx |
| FedEx está comprometido con su filosofía personas-servicio-utilidad. Produciremos rendimientos financieros sobresalientes al prestar una transportación global aire-tierra, totalmente confiable y competitivamente superior, de bienes y documentos de alta prioridad que requieren una entrega rápida con certidumbre en el tiempo de entrega. Con la misma importancia, se mantendrá un control seguro de cada paquete, empleando un sistema de seguimiento y rastreo electrónico en tiempo real. Se presentará un registro completo de cada embarque y entrega junto con nuestra solicitud de pago. Seremos serviciales, corteses y profesionales entre nosotros y con el público. Procuraremos tener un cliente completamente satisfecho al final de cada transacción. |
| Merck |
| La misión de Merck es ofrecer a la sociedad productos y servicios superiores —innovaciones y soluciones que mejoren la calidad de vida y satisfagan las necesidades del cliente—, y brindar a los empleados un trabajo significativo con oportunidades de progreso, y a los inversionistas, una tasa de rendimiento superior. |
| Hard Rock Cafe |
| Nuestra misión: difundir el espíritu del Rock 'n' Roll al entregar una experiencia memorable en alimentos y entretenimiento. Estamos comprometidos a ser un importante contribuyente de nuestra comunidad y ofrecer a la familia Hard Rock un ambiente de trabajo divertido, saludable y formativo mientras aseguramos nuestro éxito a largo plazo. |

Una vez que la organización ha decidido cuál es su misión, cada área funcional de la empresa determina su misión de apoyo. Por “área funcional” entendemos cada una de las principales disciplinas que requiere la empresa, como marketing, finanzas/contabilidad y producción/operaciones. Se desarrollan misiones para cada función que apoyen a la misión global de la empresa. Después, dentro de cada función se establecen misiones de apoyo de menor nivel para las funciones de AO. En la figura 2.3 se muestra esa jerarquía con ejemplos de misiones.

Estrategia**Estrategia**

Forma en que la organización espera lograr sus misiones y metas.

Una vez establecida la misión, puede dar inicio la formulación de la estrategia y su implantación. La **estrategia** es el plan de acción de una organización para alcanzar su misión. Cada área funcional cuenta con una estrategia para alcanzar su misión y para ayudar a que la organización cumpla su misión global. Estas estrategias aprovechan las oportunidades y fortalezas, neutralizan las amenazas y evitan las debilidades. En las siguientes secciones describiremos la forma en que se desarrollan e implantan las estrategias.

Conceptualmente, las empresas alcanzan su misión de tres maneras: **1.** diferenciación, **2.** liderazgo en costo y **3.** respuesta rápida.⁵ Esto significa que se recurre a los administradores de operaciones para que entreguen bienes y servicios que sean **1.** mejores, o por lo menos diferentes, **2.** más baratos y **3.** con mayor respuesta. Los administradores de operaciones traducen estos *conceptos estratégicos* en tareas tangibles que debe cumplir. Cualquiera de estos conceptos estratégicos, o la combinación de ellos, puede generar un sistema que tenga una ventaja única sobre los competidores. Por ejemplo, Hunter Fan se diferencia de las demás empresas como el mejor fabricante de ventiladores de techo, que reducen los costos de calentamiento o enfriamiento para los consumidores. Por su parte, Nucor Steel satisface a sus clientes al ser el productor más económico de acero en el mundo, y Dell logra una respuesta rápida al construir en unas horas computadoras personales con el software que solicita cada cliente.

Es evidente que las estrategias difieren y que cada una impone distintas demandas a la administración de operaciones. La estrategia de Hunter Fan es la de *diferenciarse* a sí misma de sus competidores en la industria a través de la calidad. Nucor se enfoca en el valor y el *bajo costo*, mientras que la estrategia elegida por Dell es dar una *respuesta rápida* y confiable.

⁵Véase un análisis relacionado en Michael E. Porter, *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors* (Nueva York: The Free Press, 1980). También véase Donald C. Hambrick y James W. Fredrickson, “Are You Sure You Have a Strategy?” *Academy of Management Executive* 15, núm. 4 (noviembre de 2001): 48-59.

FIGURA 2.3 ■

Ejemplos de misiones para una compañía, la función de operaciones y los departamentos importantes en una función de operaciones

| Ejemplo de la misión de una compañía | |
|---|--|
| Fabricar y servir al creciente y redituable negocio mundial de las comunicaciones por microondas de manera que supere las expectativas de los clientes. | |
| Ejemplo de la misión de la administración de operaciones | |
| Fabricar productos congruentes con la misión de la compañía como el fabricante de más bajo costo del mundo. | |
| Ejemplos de las misiones de los departamentos de AO | |
| Diseño del producto | Ser líderes en competencias de investigación e ingeniería en todas las áreas de nuestro negocio, diseñando y fabricando productos y servicios de calidad sobresaliente y valor inherente para el cliente. |
| Administración de la calidad | Alcanzar el valor excepcional congruente con la misión de nuestra compañía y los objetivos de marketing vigilando cuidadosamente diseño, adquisiciones, producción y oportunidades de servicio en el sitio. |
| Diseño del proceso | Determinar y diseñar o producir el proceso de fabricación y equipo que sea compatible con un producto de bajo costo, alta calidad y una buena calidad de trabajo a un costo económico. |
| Selección de localización | Localizar, diseñar y construir instalaciones eficientes y económicas que rindan alto valor a la compañía, sus empleados y la comunidad. |
| Diseño de la distribución de planta | Alcanzar una producción y eficiencia mediante habilidades, imaginación e ingenio respecto a la distribución de planta y los métodos de trabajo, al tiempo que se apoya una alta calidad de vida laboral. |
| Recursos humanos | Proporcionar una buena calidad de vida laboral con trabajos bien diseñados, seguros y recompensados, empleo estable y paga equitativa, a cambio de la contribución individual sobresaliente de los empleados en todos los niveles. |
| Administración de la cadena de suministro | Cooperar con los proveedores para desarrollar productos innovadores a partir de fuentes de suministro estables, efectivas y eficientes. |
| Inventarios | Lograr una baja inversión en inventarios congruente con altos niveles de servicio al cliente y óptima utilización de las instalaciones. |
| Programación | Alcanzar altos niveles de producción y una entrega oportuna al cliente mediante una programación efectiva. |
| Mantenimiento | Lograr una alta utilización de instalaciones y equipo mediante un mantenimiento preventivo efectivo y la rápida reparación de los mismos. |

LOGRO DE UNA VENTAJA COMPETITIVA MEDIANTE LAS OPERACIONES

Cada una de las tres estrategias proporciona una oportunidad para que los administradores de operaciones logren una ventaja competitiva. La **ventaja competitiva** implica la creación de un sistema que tenga una ventaja singular sobre los competidores. La idea es crear valor para el cliente de una forma eficiente y sostenible. Pueden existir formas puras de estas estrategias, pero casi siempre se recurre a los administradores de operaciones para que implanten una combinación de ellas. Veamos rápidamente cómo logran los administradores la ventaja competitiva a través de la *diferenciación*, el *bajo costo* y la *respuesta*.

Ventaja competitiva
Creación de una ventaja única sobre los competidores.

Competiendo en diferenciación

Safeskin Corporation es la número uno en guantes de látex para la auscultación médica porque se ha diferenciado a sí misma y a sus productos. Lo logró produciendo guantes diseñados para prevenir las reacciones alérgicas de las que se quejaban los doctores. Cuando otros productores de guantes se actualizaron, Safeskin desarrolló guantes hipoalergénicos. Después agregó textura a sus guantes y luego desarrolló un guante desechable sintético para los alérgicos al látex, manteniéndose siempre a la cabeza de la competencia. La estrategia de Safeskin se basa en obtener una reputación en el diseño y la producción de guantes confiables con tecnología de punta, con lo que ha logrado su diferenciación.

La diferenciación tiene que ver con brindar *unicidad*. Las oportunidades de una empresa para crear unicidad no se encuentran en una función o actividad particular, sino que pueden surgir de todo lo que hace la empresa. Además, como casi todos los productos incluyen cierto servicio y la mayor parte de los servicios contienen un producto, las oportunidades para crear esta unicidad están limitadas sólo por la imaginación. Sin lugar a dudas, la **diferenciación** debe pensarse como algo que trasciende las características físicas y los atributos del servicio para comprender todo lo relacionado con el producto o servicio que influya sobre el valor que los clientes obtienen de él. Por lo tanto, los administradores de operaciones efectivos ayudan a definir todo lo que se refiere al producto o servicio que influye en el valor potencial para el cliente. Quizás ésta sea la conveniencia de una línea de producto, características de producto o un servicio relacionado con el producto. Tales servicios pueden manifestarse a través de la conveniencia (localización de los centros de distribución o tiendas), capacitación, entrega e instalación del producto, o de los servicios de reparación y mantenimiento.

En el sector servicios, una opción para ampliar la diferenciación del producto es a través de la *experiencia*. La diferenciación por experiencia en los servicios es una manifestación de la creciente “economía de la experiencia”.⁶ La idea de la **diferenciación por experiencia** es involucrar al cliente, es decir, emplear los cinco sentidos para que las personas se encuentren inmersas en él y que incluso participen activamente en el producto. Disney hace esto con Magic Kingdom. Las personas ya no sólo van por el juego, sino que forman parte de Magic Kingdom, rodeadas de una experiencia dinámica visual y auditiva que complementa la parte física del juego. Algunos juegos involucran aún más al cliente puesto que tiene que participar en el juego o disparar a blancos o villanos.

De igual forma, los restaurantes temáticos como el Hard Rock Cafe se diferencian a sí mismos proporcionando una “experiencia”. Hard Rock involucra al cliente con música de rock clásico, proyección de videos de rock en grandes pantallas, recuerdos del rock y personal que puede contar historias. En muchos casos se dispone de un guía de tiempo completo para explicar lo que se exhibe, y siempre hay una tienda conveniente con el propósito de que el cliente se lleve a casa una parte tangible de la experiencia. El resultado es toda una “experiencia de salir a comer” más que una simple comida. En forma menos radical, el supermercado local entrega una experiencia cuando proporciona música, el aroma de un pan recién horneado y cuando ofrece muestras para degustar.

Competiendo en costo

Southwest Airlines ha sido una fábrica inagotable de dinero mientras otras aerolíneas estadounidenses han perdido miles de millones de dólares. Southwest lo ha logrado al satisfacer la necesidad de vuelos a bajo costo y rutas cortas. Su estrategia de operaciones incluye el empleo de aeropuertos y terminales secundarios, la modalidad de “primero en llegar primero en servir” para elegir asientos, pocas opciones de tarifas, tripulaciones más reducidas que viajan más horas, botanas solamente o vuelos sin comidas y sin oficinas de boletos fuera del aeropuerto.

Además, y menos evidente, Southwest ha equilibrado de manera muy efectiva la capacidad con la demanda y la utilización de dicha capacidad. Y lo ha logrado mediante el diseño de una estructura de rutas que corresponde con la capacidad del Boeing 737, el único modelo de avión en su flota. Segundo, logra más millas de vuelo que otras aerolíneas debido a salidas de regreso más rápidas, sus aviones están menos tiempo en tierra.

Uno de los factores de una estrategia de bajo costo es la utilización efectiva de las instalaciones. Southwest y otras organizaciones con estrategias de bajo costo comprenden esto y emplean sus recursos de la mejor manera. Al identificar el tamaño óptimo las empresas pueden distribuir los costos generales entre suficientes unidades para bajar los costos y obtener una ventaja en costo. Por ejemplo, Wal-Mart sigue buscando su estrategia de bajo costo con supermercados abiertos las 24 horas del día. Durante 20 años se ha adueñado con éxito una parte del mercado. Wal-Mart ha reducido los gastos generales de la tienda, el personal administrativo y los costos de distribución. La rápida transportación de bienes, menores costos de almacenamiento y el envío directo de los fabricantes han dado como resultado una rápida rotación de inventario y la han convertido en líder por bajo costo.

Diferenciación

Distinguir las ofertas de la organización de forma que el cliente las perciba como valor agregado.

Diferenciación por experiencia

Comprometer al cliente con el producto a través del empleo imaginativo de los cinco sentidos, con el fin de que el cliente “experimente” el producto.

⁶Un libro interesante sobre la economía de la experiencia es Joseph Pine II y James H. Gilmore; *The Experience Economy* (Boston: Harvard Business School Press, 1999). También véase Leonard L. Berry, Lewis P. Carbone y Stephan H. Haeckel, “Managing the Total Customer Experience”, *MIT Sloan Management Review* (primavera de 2002): 85-90.

Liderazgo por bajo costo

Obtención del máximo valor según lo percibe el cliente.

El **liderazgo por bajo costo** implica lograr el máximo *valor* de acuerdo con la definición de su cliente. Requiere el examen de las 10 decisiones de AO en un esfuerzo sostenido por disminuir el costo, al tiempo que se satisfacen las expectativas de valor del cliente. Una estrategia de bajo costo *no* implica poco valor o poca calidad.

Compitiendo en respuesta

La tercera opción de estrategia es la respuesta. La respuesta a menudo se piensa como respuesta *flexible*, pero también se refiere a respuesta *confiable* y *rápida*. Definimos **respuesta** como lo que incluye el conjunto completo de valores relativos al desarrollo de producto y entrega oportunos, así como a programación confiable y desempeño flexible.

La *respuesta flexible* se puede pensar como la habilidad para ir a la par con los cambios que ocurren en el mercado donde las innovaciones en diseño y los volúmenes fluctúan de manera sustancial.

Hewlett-Packard es ejemplo excepcional de una empresa que ha mostrado flexibilidad en los cambios de diseño y de volumen en el volátil mundo de las computadoras personales. Los productos HP suelen tener un ciclo de vida de meses, y los cambios en volumen y costo durante ese breve ciclo de vida son drásticos. Sin embargo, HP ha tenido éxito en institucionalizar la capacidad para cambiar productos y volumen con el objetivo de responder a los cambios radicales en diseño de producto y costos, para construir una *ventaja competitiva sostenida*.

El segundo aspecto de la respuesta es la *confiabilidad* de la programación. Una forma en que la industria alemana de maquinaria ha sostenido su competitividad, aun teniendo el costo de mano de obra más alto del mundo, es la respuesta confiable. Dicha respuesta se manifiesta en una programación confiable. Las empresas de maquinaria alemanas tienen programas realistas y trabajan de acuerdo con ellos. Además, los resultados de su programación se comunican a los clientes y el cliente puede, a su vez, confiar en ellos. En consecuencia, la ventaja competitiva generada a través de la respuesta confiable tiene valor para el cliente final.

El tercer aspecto de la respuesta es la *rapidez*. Johnson Electric, analizado en el recuadro *AO en acción*, compite en velocidad: velocidad de diseño, producción y entrega. Bien sea un sistema de producción en Johnson Electric, la entrega de una comida en 15 minutos en Bennigan's, o beepers personalizados entregados en tres días por Motorola, el administrador de operaciones que desarrolla sistemas que responden con rapidez tiene una ventaja competitiva.

En la práctica, estos tres *conceptos* —diferenciación, bajo costo y respuesta— suelen implantarse a través de las seis *estrategias específicas* que se muestran en la figura 2.4: **1.** flexibilidad en diseño y volumen; **2.** bajo precio; **3.** entrega; **4.** calidad; **5.** servicio posventa, y **6.** amplia línea de producto. A través de estas seis estrategias específicas, la AO incrementa la productividad y genera una ventaja competitiva

Respuesta

Serie de valores relacionados con un desempeño rápido, flexible y confiable.

“En el futuro sólo existirán dos clases de empresas: las que perturben sus mercados y las que no sobrevivan a esa perturbación”.

Profesor Richard D'Aveni, autor de *Hypercompetition*

AO EN ACCIÓN

Estrategia global en Johnson Electric de Hong Kong

Patrick Wang, director de administración en Johnson Electric Holdings, Ltd., camina por la oficina matriz de Hong Kong con un micromotor en la mano. Este minúsculo motor, que mide casi dos veces el tamaño de su pulgar, activa la cerradura eléctrica de una puerta Dodge Viper. Aun cuando la mayoría de las personas no han escuchado sobre Johnson Electric, todos tenemos varios de sus micromotores cerca. Esto se debe a que Johnson Electric es el productor líder de micromotores para herramientas inalámbricas, electrodomésticos (como molinos de café y procesadores de alimentos), artículos de cuidado personal (como secadoras de cabello y rasuradoras eléctricas) y automóviles. Un lujo Mercedes, con limpiadores en las luces frontales, ventanas eléctricas, ajuste eléctrico de asientos y espejos eléctricos laterales, puede emplear 50 micromotores Johnson.

Como todos los verdaderos negocios globales, Johnson gasta generosamente en comunicaciones para mantener unida su red global de fábricas, instalaciones de investiga-

ción y desarrollo y centros de diseño. Por ejemplo, Johnson Electric, instaló un sistema de videoconferencias de 20 millones de dólares, el cual permite que ingenieros en Cleveland, Ohio y Stuttgart, Alemania, monitoreen la prueba de producción de sus micromotores en China.

La primera fortaleza de Johnson es la velocidad en el desarrollo de producto, velocidad en producción y velocidad en entrega: 13 millones de motores al mes, en su mayoría ensamblados en China, pero entregados en todo el mundo. Su segunda fortaleza es la capacidad para estar cerca de sus clientes. Johnson ha diseñado centros técnicos distribuidos por Estados Unidos, Europa y Japón. “Las limitaciones físicas del pasado ya no existen” cuando se trata de decidir dónde ubicar un nuevo centro, dice Patrick Wang. “Los clientes hablan con nosotros desde donde se sienten más cómodos, pero los productos se hacen donde son más competitivos.”

Fuentes: *Far Eastern Economic Review* (16 de mayo de 2002): 44-45; y *South China Morning Post* (8 de diciembre de 2000): 10.

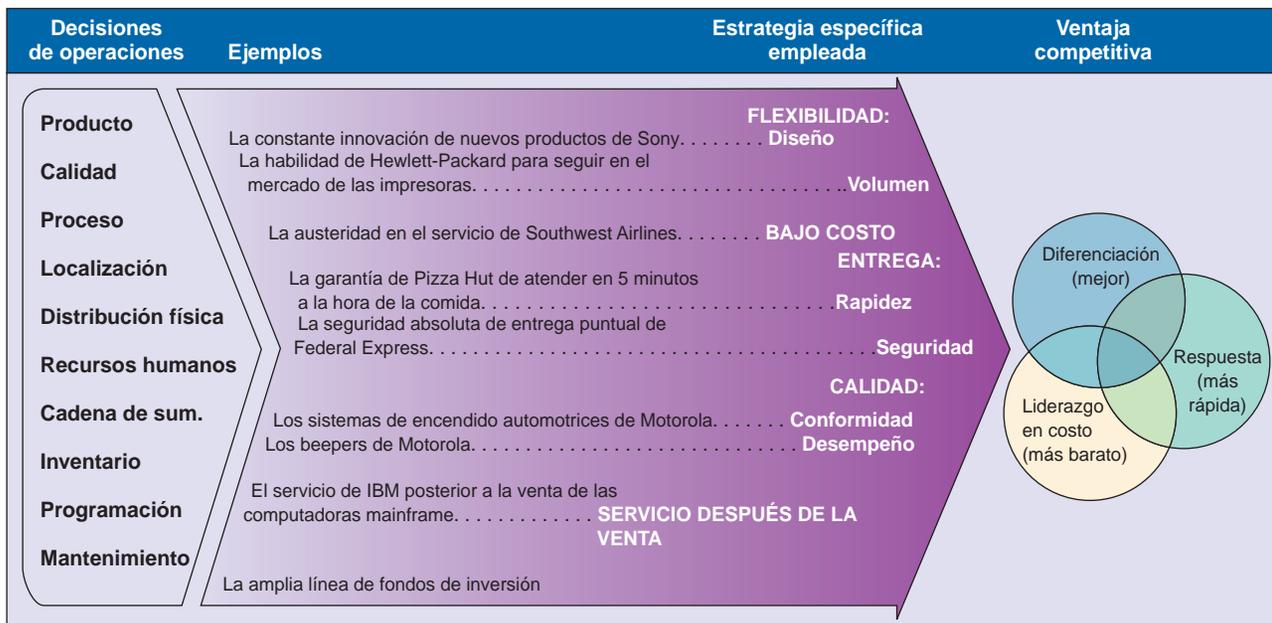


FIGURA 2.4 ■ La contribución de la administración de operaciones a la estrategia

Fuente: una presentación relacionada se encuentra en Jeffrey G. Miller y Aleda Roth, "A Taxonomy of Manufacturing Strategies", *Management Science* 40, núm. 3 (marzo de 1994): 285-304.

sostenida. La implantación apropiada de las siguientes decisiones por parte de los administradores de operaciones permitirá que se logren las estrategias.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS EN ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES

La diferenciación, el bajo costo y la respuesta pueden lograrse cuando los administradores toman decisiones efectivas en las 10 áreas de la administración de operaciones. Estas decisiones en conjunto se conocen como **decisiones de operaciones**. Las 10 decisiones de la AO que apoyan las misiones e implementan estrategias son las siguientes:

Decisiones de operaciones

Las decisiones estratégicas de AO son diseño de producto, calidad, diseño de proceso, localización, diseño de distribución de planta o física, recursos humanos y diseño del trabajo, administración de la cadena de suministro, inventario, programación y mantenimiento.

1. *Diseño de bienes y servicios.* El diseño de bienes y servicios define gran parte del proceso de transformación. Las decisiones de costos, calidad y recursos humanos suelen determinarse por las decisiones de diseño. Los diseños usualmente definen los límites inferiores del costo y los límites superiores de la calidad.
2. *Calidad.* Deben determinarse las expectativas del cliente sobre la calidad y establecerse las políticas y procedimientos para identificar y alcanzar esa calidad.
3. *Diseño de procesos y capacidad.* Existen diferentes opciones de procesos para productos y servicios. Las decisiones de proceso comprometen a la administración con tecnología, calidad, uso de recursos humanos y mantenimiento específicos. Estos gastos y compromisos de capital determinarán gran parte de la estructura básica de costos de la empresa.
4. *Selección de localización.* Las decisiones de ubicación para las organizaciones tanto de manufactura como de servicios pueden determinar el éxito final de la empresa. Los errores en esta coyuntura pueden minimizar otras eficiencias.
5. *Diseño de distribución de planta.* Flujos de material, necesidades de capacidad, niveles de personal, decisiones de tecnología y requerimientos de inventario influyen en la distribución de planta.
6. *Recursos humanos y diseño del trabajo.* Las personas representan una parte integral y costosa del diseño total del sistema. Por lo tanto, deben determinarse la calidad de la vida laboral proporcionada, el talento y las destrezas requeridas y sus costos.

“Generalmente se piensa en las operaciones como una ejecución de la estrategia; para nosotros es la estrategia”.

Joe R. Lee,
director general
de Darden Restaurant

7. *Administración de la cadena de suministro.* Estas decisiones definen qué debe hacerse y qué debe comprarse. Asimismo se consideran calidad, entrega e innovación, todas por un precio satisfactorio. Es necesaria la confianza mutua entre comprador y proveedor para lograr la compra efectiva.
8. *Inventario.* Las decisiones de inventario sólo pueden optimizarse cuando se toman en cuenta satisfacción del cliente, proveedores, programas de producción y planeación de recursos humanos.
9. *Programación.* Deben desarrollarse programas de producción factibles y eficientes, asimismo, deben determinarse y controlarse las demandas de recursos humanos e instalaciones.
10. *Mantenimiento.* Estas decisiones deben tomarse respecto a los niveles deseados de confiabilidad y estabilidad, y deben establecerse los sistemas necesarios para mantener esa confiabilidad y estabilidad.

Los administradores de operaciones implantan estas 10 decisiones identificando las tareas clave y las necesidades de personal necesarias para alcanzarlas. No obstante, la implantación de decisiones está influida por una variedad de aspectos, que incluyen la proporción de bienes y servicios de un producto (véase la tabla 2.1). Pocos productos son totalmente bienes o totalmente servicios. Si bien las 10 decisiones permanecen igual para bienes y servicios, su importancia relativa y método de implantación dependen de la proporción entre bienes y servicios. A lo largo de este libro analizaremos la forma en que se selecciona e implanta la estrategia para bienes y servicios a través de las 10 decisiones de administración de operaciones.

TABLA 2.1 ■

Las diferencias entre bienes y servicios influyen en la forma en que se aplican las 10 decisiones de administración de operaciones

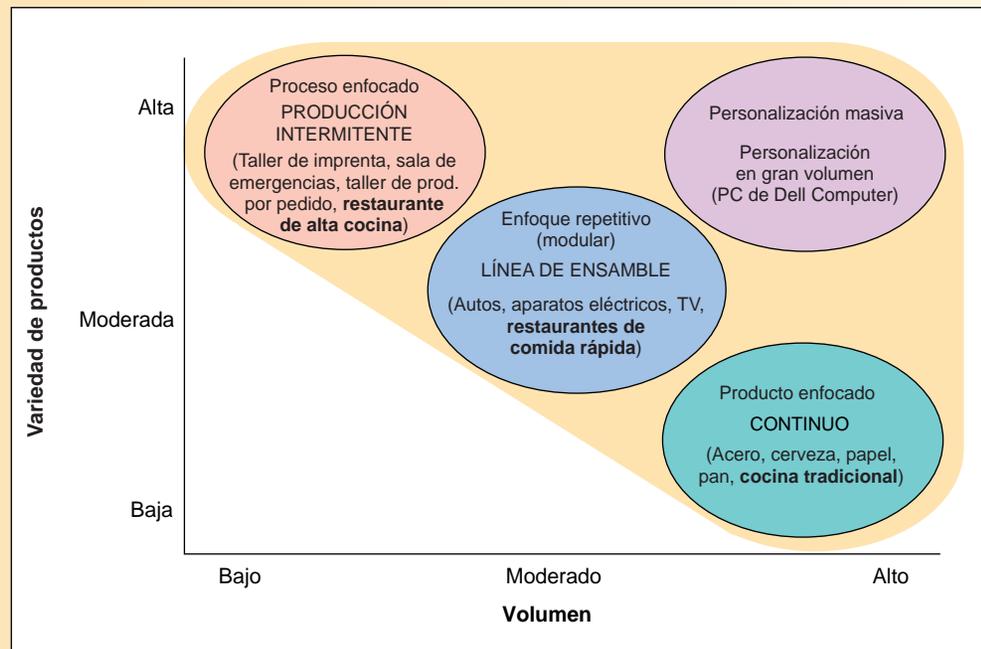
| DECISIONES DE OPERACIONES | BIENES | SERVICIOS |
|---|--|--|
| Diseño de bienes y servicios | El producto usualmente es tangible. | El producto no es tangible. Un nuevo conjunto de atributos del producto: una sonrisa. |
| Calidad | Muchos estándares de calidad objetivos. | Muchos estándares de calidad subjetivos: bonito color. |
| Diseño de proceso y capacidad | El cliente no participa en la mayor parte del proceso. | El cliente puede participar directamente en el proceso: corte de cabello. La capacidad debe igualar la demanda para evitar la pérdida de ventas: los clientes a menudo evitan la espera. |
| Selección de localización | Puede necesitar estar cerca de las materias primas y la fuerza de trabajo. | Puede necesitar estar cerca del cliente: renta de coches. |
| Diseño de distribución física | La distribución de planta mejora la eficiencia de la producción. | Mejora el producto y la producción: distribución física de un restaurante elegante. |
| Recursos humanos y diseño del trabajo | Fuerza de trabajo enfocada en las habilidades técnicas. Los estándares laborales son congruentes. Es posible basar el sistema de salarios en la producción o salida. | La fuerza de trabajo directa casi siempre necesita ser capaz de interactuar bien con el cliente: cajero de un banco. Los estándares laborales varían dependiendo de los requerimientos del cliente: casos legales. |
| Administración de la cadena de suministro | La cadena de suministro se relaciona de manera crucial con el producto final. | La relación con la cadena de suministro es importante pero puede no ser crítica. |
| Inventario | Se pueden inventariar materias primas, trabajos en proceso y bienes terminados. | La mayor parte de los servicios no se puede almacenar, por lo cual deben encontrarse otras formas para ajustarse a los cambios en la demanda: no se puede almacenar un corte de cabello. |
| Programación | La habilidad para inventariar puede permitir nivelar los promedios de producción. | Su interés suele ser satisfacer el horario inmediato del cliente con recursos humanos. |
| Mantenimiento | El mantenimiento suele ser preventivo y se lleva a cabo en el sitio de la producción. | El mantenimiento es con frecuencia “reparación” y se realiza donde el cliente lo requiere. |

Veamos un ejemplo de desarrollo de estrategia a través de una de las 10 decisiones.

Ejemplo 1

Pierre Alexander acaba de graduarse como chef y está listo para abrir su propio restaurante. Después de examinar el entorno externo y sus posibles debilidades y fortalezas, toma una decisión sobre la misión de su restaurante, la cual define como: “proporcionar comida francesa de alta cocina de calidad sobresaliente para la gente de Chicago”. Su estrategia operativa de apoyo consiste en ignorar las opciones de *liderazgo en bajo costo* y *respuesta rápida* y enfocarse en la *diferenciación*. En consecuencia, su estrategia de operaciones le exige evaluar el diseño de producto (menús y platillos) y la selección del proceso, la distribución física y la localización. Asimismo debe evaluar recursos humanos, proveedores, inventario, programación, y mantenimiento que apoyarán su misión y estrategia de diferenciación.

El análisis de una de estas 10 decisiones, *diseño del proceso*, requiere que Pierre examine los aspectos representados en la siguiente figura.



La primera opción es operar en la esquina inferior derecha de la figura, donde Alexander puede producir altos volúmenes de comida con una variedad limitada, muy parecido a una cocina tradicional. Con ese tipo de proceso pueden producirse grandes volúmenes de artículos estandarizados, como productos horneados y puré de papa, preparados con el equipo más moderno. Alexander concluye que ésta no es una opción de proceso aceptable.

Otra alternativa es moverse hacia el centro de la figura donde puede producir más variedad y menores volúmenes. Aquí tiene menos automatización y emplea componentes modulares preparados para las comidas, parecido a la forma en que lo hacen los restaurantes de comida rápida. De nuevo considera que el diseño del proceso es inapropiado para su misión.

Otra opción consiste en moverse a la esquina superior derecha y producir un volumen alto de platillos personalizados, aunque ni Pierre ni nadie más sabrían cómo hacer esto con los platillos de alta cocina.

Finalmente, Alexander puede diseñar un proceso que opere en la esquina superior izquierda de la figura, la cual requiere poca automatización, pero hace posible una alta variedad. Esta opción de proceso le sugiere construir una cocina extremadamente flexible y adecuada para una amplia variedad de platillos personalizados de acuerdo con los gustos de cada cliente. Con poca automatización, dicho proceso sería el apropiado para una enorme variedad. Esta estrategia de proceso apoyará su misión y la diferenciación de producto que desea. Sólo con un proceso como éste él podrá ofrecer la comida de alta cocina francesa que tiene en mente.

Las 10 decisiones de la administración de operaciones se implementan en formas que proporcionen ventaja competitiva, no sólo en el caso de restaurantes de alta cocina, sino de todos los bienes y servicios que enriquecen nuestra vida. La tabla 2.2 muestra la forma en que lo hacen dos compañías farmacéuticas, una que busca su ventaja competitiva mediante la diferenciación y la otra mediante el bajo costo.

TABLA 2.2 ■ Estrategias de operaciones de dos compañías farmacéuticas

| VENTAJA COMPETITIVA | BRAND NAME DRUGS, INC. | GENERIC DRUG CORP. |
|---------------------------------------|--|---|
| | DIFERENCIACIÓN DE PRODUCTO | BAJO COSTO |
| SELECCIÓN Y DISEÑO DE PRODUCTO | Importante inversión en investigación y desarrollo; grandes laboratorios; centrada en el desarrollo de una amplia gama de categorías de medicamentos | Poca inversión en investigación y desarrollo; centrada en el desarrollo de medicamentos genéricos |
| CALIDAD | La calidad es una prioridad importante, los estándares superan los requerimientos normativos | Cumple los requerimientos de la ley en cada país en la medida que se necesitan |
| PROCESO | Proceso de producción modular y de producto; busca tener grandes partidas de productos en instalaciones especializadas; construye capacidad anticipándose a la demanda | Se enfoca en los procesos; procesos de producción general; enfoque de “taller de trabajo”, producción de poco volumen; enfoque en la alta utilización |
| UBICACIÓN | Aún localizada en la ciudad donde se fundó | Recientemente se cambió a un entorno con bajos impuestos y mano de obra de bajo costo |
| PROGRAMACIÓN | Planeación centralizada de la producción | Muchas partidas de poco volumen complican la programación |
| DISTRIBUCIÓN DE PLANTA | La distribución apoya la producción automatizada enfocada en el producto | La distribución apoya al “taller de producción por pedido” enfocado en el proceso |
| RECURSOS HUMANOS | Contrata a los mejores; busca en toda la nación | Ejecutivos de alto nivel muy experimentados señalan la dirección; el otro personal recibe salarios menores que el promedio en la industria |
| CADENA DE SUMINISTRO | Relaciones de largo plazo con proveedores | Tiende a comprar competitivamente para encontrar ofertas |
| INVENTARIO | Mantiene inventario de bienes terminados básicamente para asegurar la satisfacción de todas las demandas | El enfoque en el proceso eleva el inventario de productos en proceso; el inventario de bienes terminados tiende a ser bajo |
| MANTENIMIENTO | Personal altamente calificado; amplio inventario de partes | Personal altamente capacitado para satisfacer las demandas cambiantes |

ASPECTOS SOBRE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

Una vez que la empresa ha formulado su misión, el desarrollo e implantación de una estrategia específica requieren que el administrador de operaciones considere varios aspectos que se analizan de tres formas. Primera, observamos lo que la *investigación* nos indica acerca de las estrategias efectivas de administración de operaciones. Segunda, identificamos algunas *condiciones previas* para el desarrollo de una estrategia de AO efectiva. Tercera, observamos la *dinámica* del desarrollo de una estrategia de AO.

Investigación

Las conclusiones del Strategic Planning Institute⁷ han aportado información estratégica. Su programa **PIMS** (*profit impact of market strategy*, o impacto de la estrategia de mercado en las ganancias) se estableció con la cooperación de General Electric Corporation. PIMS ha reunido cerca de 100 archivos de datos sobre casi 3,000 organizaciones que cooperaron. Empleando los datos reunidos y un alto *rendimiento sobre la inversión* (ROI) como medida⁸ del éxito, PIMS pudo identificar algunas características de empresas con ROI alto. Entre las características que afectan las decisiones estratégicas de AO se encuentran:

1. Alta calidad en los productos (relativa a la competencia).
2. Alta utilización de la capacidad.
3. Alta eficiencia operativa (la tasa de la productividad esperada entre la productividad real de los empleados).
4. Baja intensidad de inversión (el monto de capital requerido para producir un dólar de ventas).
5. Bajo costo directo por unidad (relativo a la competencia).

Estos cinco aspectos apoyan un rendimiento sobre la inversión alto y por lo tanto se deben considerar cuando la organización desarrolla una estrategia. Estas características pueden medirse y evaluarse a través del análisis de fortalezas y debilidades relativas de una empresa. Los enfoques estratégicos específicos sugeridos en la figura 2.3 indican dónde podría querer llegar un administrador de operaciones, pero sin cumplir las cinco características de las empresas con alto rendimiento sobre la inversión, el esfuerzo puede no ser exitoso.

⁷R. D. Buzzel y B. T. Gale, *The PIMS Principles* (Nueva York: The Free Press, 1987).

⁸Como otras medidas del desempeño, el *rendimiento sobre la inversión* (ROI) tiene sus limitaciones, incluyendo la sensibilidad al ciclo de vida del negocio, políticas y programas de depreciación, valor en libros (imagen), y costo de transferencia.

PIMS

Programa establecido en cooperación con GE para identificar las características de las empresas con alto rendimiento sobre la inversión.

Otro estudio de investigación señala el significativo papel que puede desempeñar la AO en la estrategia competitiva. Cuando se solicitó a 248 negocios variados, que evaluaran la importancia de 32 de las categorías para obtener una ventaja competitiva sostenible, 28% de las categorías seleccionadas se encuentra en el área de administración de operaciones. Cuando se agrega la categoría calidad/servicio, el total llega a 44%. El estudio apoya el papel que tiene la estrategia de AO en el desarrollo de una ventaja competitiva.⁹

Condiciones previas

Antes de establecer o intentar implantar una estrategia es necesario que el administrador de operaciones comprenda que la empresa opera en un sistema abierto en el cual existen factores múltiples. Esos factores influyen en el desarrollo y la ejecución de la estrategia. Cuanto más profundo sea el análisis y el entendimiento de los factores externos e internos, mayores serán las posibilidades de éxito. Aun cuando la lista de factores que se deben considerar es extensa, como mínimo debe abarcar la comprensión de:

1. Las fortalezas y las debilidades de los competidores, así como las de productos nuevos en el mercado, productos sustitutos y el compromiso de distribuidores y proveedores.
2. Los aspectos ambientales, tecnológicos, legales y económicos actuales y posibles.
3. El ciclo de vida del producto, que podría imponer limitaciones a la estrategia de operaciones.
4. Los recursos disponibles dentro de la empresa y la función de la AO.
5. La integración de la estrategia de AO con la estrategia de la compañía y de otras áreas funcionales.

“Para los japoneses, la estrategia es tan dinámica que puede pensarse como ‘un acomodo’, o un ‘empeño por adaptarse’”.

Richard Pascale,
Sloan Management Review

Dinámica

Las estrategias cambian por dos motivos. Primero, la estrategia es dinámica debido a *cambios dentro de la propia organización*. Todas las áreas de la empresa están sujetas a cambios. Los cambios pueden ocurrir en una diversidad de áreas que incluyen personal, finanzas, tecnología y vida del producto. Todos pueden originar diferencias en las fortalezas y debilidades de la organización y, por ende, en su estrategia. En la figura 2.5 se muestran los cambios posibles tanto en la estrategia general como en la estrategia de AO du-

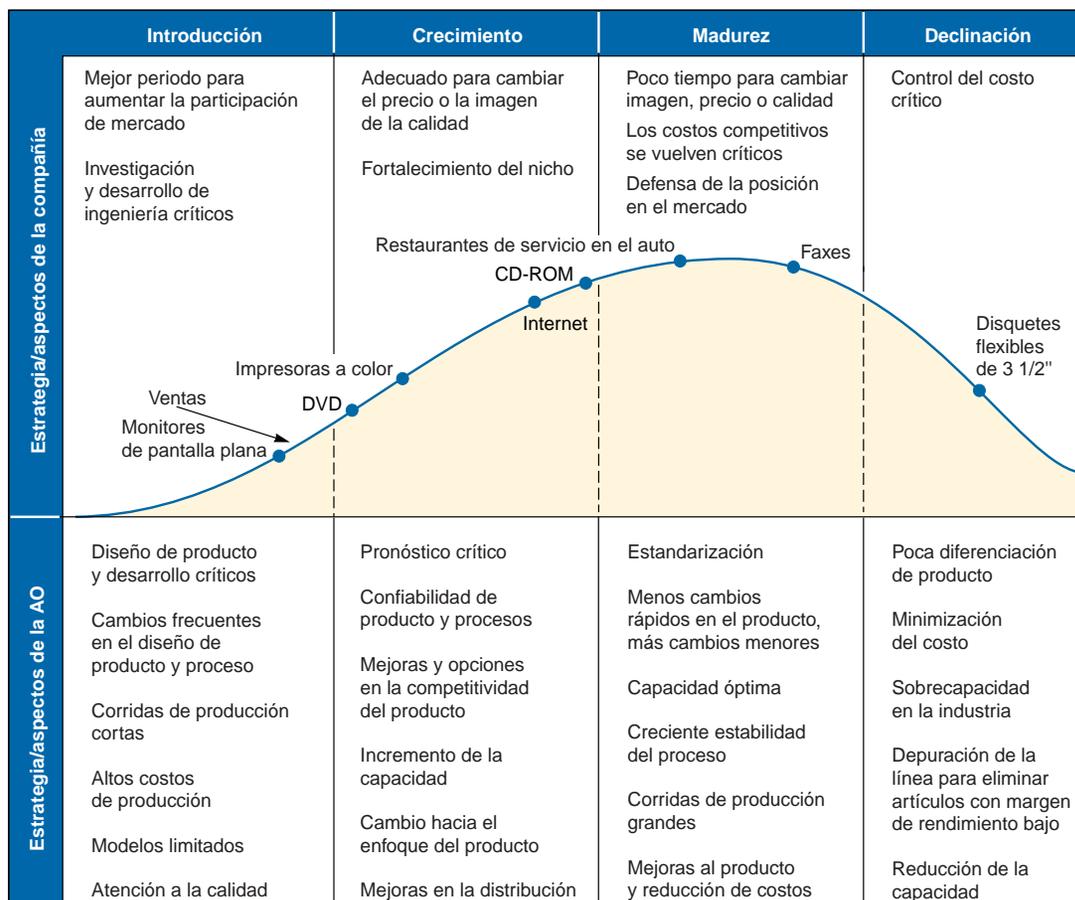


FIGURA 2.5 ■ Estrategia y aspectos durante la vida del producto

⁹Véase David A. Aaker, “Creating a Sustainable Competitive Advantage”, *California Management Review* (invierno de 1989): 91-106.

rante la vida del producto. Por ejemplo, conforme un producto pasa de la etapa de introducción a la de crecimiento, el diseño de producto y proceso generalmente se mueve de la etapa de desarrollo a la de estabilidad. En la medida que el producto pasa a la etapa de crecimiento, el pronóstico y la planeación de la capacidad cobran importancia.

La estrategia también es dinámica debido a *cambios en el entorno*. Boeing es un ejemplo dado en el *Perfil global de la compañía* que abre este capítulo, sobre la forma en que debe cambiar la estrategia cuando cambia el entorno. Sus estrategias, como muchas de las estrategias de AO, son cada vez más globales. Microsoft también debe adaptarse con rapidez a los cambios del medio. El cambio de estrategia de Microsoft obedeció a los cambios en la demanda de los clientes y a la aparición de Internet. Microsoft pasó de ser proveedor de sistemas operativos a proveedor de productos de oficina, y luego de servicios de Internet.

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA

Una vez que las empresas comprenden los problemas en el desarrollo de una estrategia efectiva, evalúan sus fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas del entorno. Esto se conoce como **análisis SWOT** (*Strength, Weakness, Opportunities y Threats*). Con el análisis SWOT, las empresas comienzan por posicionarse, mediante su estrategia, para tener una ventaja competitiva. La empresa puede contar con excelentes habilidades para el diseño o mucho talento para identificar ubicaciones sobresalientes. Sin embargo, puede reconocer limitaciones en su proceso de manufactura o para encontrar buenos proveedores. La idea es que la empresa maximice las oportunidades y minimice las amenazas del entorno, mientras maximiza las ventajas de sus fortalezas y minimiza sus debilidades. Cualquier idea preconcebida sobre su misión debe entonces reevaluarse para asegurar que sea congruente con el análisis SWOT. Después, la organización desarrolla la estrategia para lograr su misión. Dicha estrategia se evalúa de manera continua en relación con el valor que se entrega a los clientes y las realidades competitivas. El proceso se muestra en la figura 2.6. A partir de este proceso se identifican los factores críticos para el éxito.

Análisis SWOT

Determinación de las fortalezas y debilidades internas y las oportunidades y amenazas externas.

Identificación de los factores críticos para el éxito

Debido a que ninguna empresa realiza todo de manera sobresaliente, la implantación de una estrategia exitosa requiere la identificación de tareas críticas para el éxito. El administrador de operaciones se pregunta: “¿qué tareas deben realizarse particularmente bien para que una determinada estrategia de operaciones tenga éxito? ¿Qué elementos tienen mayor posibilidad de falla, y cuáles requieren un compromiso adicional en el manejo de los recursos económicos, tecnológicos y humanos? ¿Qué actividades ayudarán a la función de administración de operaciones a lograr una ventaja competitiva?”

Los factores críticos para el éxito se eligen considerando el logro de la misión, al igual que las fortalezas internas de la organización. Los **factores críticos para el éxito (FCE)** son esas pocas actividades que marcan la diferencia entre tener o no tener una ventaja competitiva. Por último, los FCE significan la diferencia entre el éxito y el fracaso de la organización. Las empresas exitosas identifican y emplean los

Factores críticos para el éxito

Actividades o factores que son clave para lograr la ventaja competitiva.

FIGURA 2.6 ■

Estrategia de desarrollo de procesos



factores críticos para el éxito con el fin de desarrollar una competencia notable y única que les permite lograr una ventaja competitiva.¹⁰

Los FCE pueden coincidir con las áreas funcionales de la empresa, como marketing o finanzas, o pueden hallarse dentro de una sola área funcional. En este libro, nos enfocamos principalmente en los factores de las 10 decisiones dentro de la función de la administración de operaciones que a menudo son críticos para el éxito. En la figura 2.7 se muestran algunos factores críticos para el éxito de marketing, finanzas y operaciones.

Las 10 decisiones de la administración de operaciones desarrolladas en este libro proporcionan una lista excelente para determinar los factores críticos para el éxito dentro de la función de operaciones. Por ejemplo, las 10 decisiones y los factores críticos relacionados pueden manifestarse en la habilidad de la compañía para diferenciarse. Esa diferenciación puede ocurrir a través de la innovación y nuevos productos, donde el factor crítico es el diseño del producto, como es el caso de 3M y Rubbermaid. De manera similar, la diferenciación puede ser a través de la calidad, donde el FCE es la institucionalización de la calidad, como en McDonald's. Pero la diferenciación también puede ser vía el mantenimiento, donde los FCE proporcionan confiabilidad y servicio posventa, como es el caso de IBM.

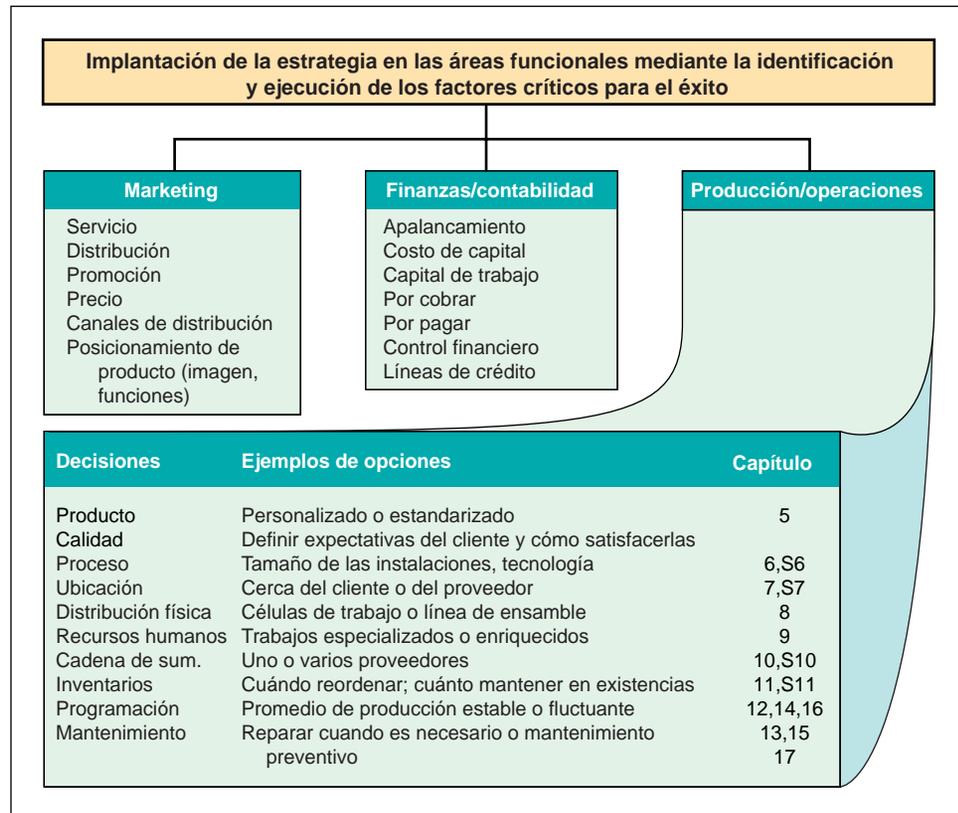
Cualesquiera que sean los FCE, deben estar apoyados por las actividades relacionadas. Un enfoque para identificarlas es el **mapa de actividades**, que vincula la ventaja competitiva, los FCE y las actividades de apoyo.¹¹ Por ejemplo, en la figura 2.8 se muestra la forma en que Southwest Airlines ha construido un conjunto de actividades integradas con el fin de apoyar su ventaja competitiva por bajo costo. Observe cómo los factores críticos para el éxito están apoyados por otras actividades. Las actividades se ajustan y refuerzan entre sí. Y cuanto mejor se ajustan y se refuerzan, más sostenible es la ventaja competitiva. Mediante la identificación de una ventaja competitiva y el enfoque en los factores críticos para el éxito y las actividades de apoyo, Southwest Airlines se ha convertido en una de las grandes historias de éxito de las aerolíneas.

Mapa de actividades

Enlace gráfico de ventaja competitiva, factores críticos para el éxito y actividades de apoyo.

FIGURA 2.7 ■

Implantación de la estrategia mediante la identificación de los factores críticos para el éxito



¹⁰Véase una discusión sobre competencia distintiva en Michael E. Porter, *Competitive Advantage* (Nueva York: The Free Press, 1985).

¹¹Michael E. Porter y C. Roland Christensen, "What is strategy?" *Harvard Business Review* (noviembre-diciembre de 1996): 61-75.

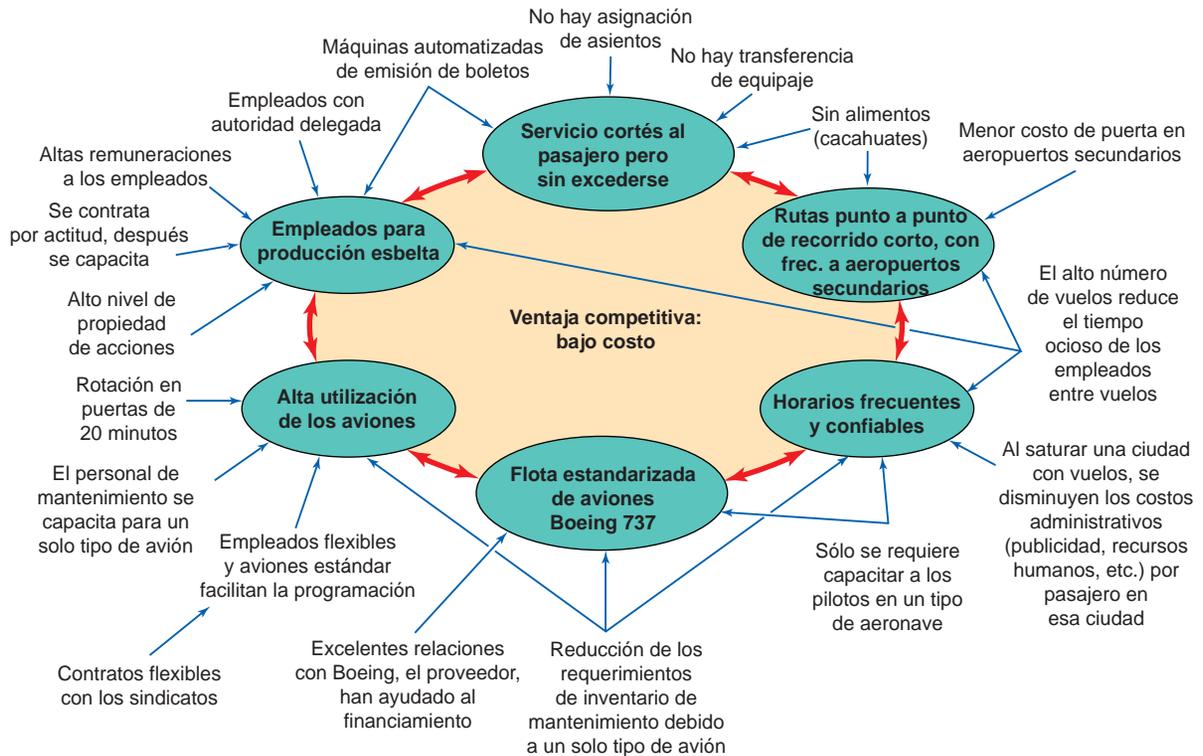


FIGURA 2.8 ■ Mapa de actividades de la ventaja competitiva por bajo costo de Southwest Airlines

Para lograr una ventaja competitiva por bajo costo, Southwest ha identificado diversos factores críticos para el éxito (conectados mediante flechas punteadas) y actividades de apoyo (se muestran con flechas sólidas). Como lo indica esta figura, una ventaja por bajo costo es altamente dependiente de una función de operaciones muy bien desempeñada.

Construcción de la organización y asignación de personal

El trabajo del administrador de operaciones es un proceso de tres pasos. Una vez identificados la estrategia y los factores críticos para el éxito, el siguiente paso es agrupar las actividades necesarias dentro de una estructura organizacional. El tercer paso es equiparla con el personal que hará el trabajo. El administrador trabaja con administradores subalternos para elaborar los planes, presupuestos y programas que permitirán implantar las estrategias que logren las misiones con éxito. Las empresas abordan esta organización de la función de operaciones de diversas formas. Las gráficas de organización que se muestran en el capítulo 1 (figura 1.2) señalan la forma en que algunas empresas se organizan para desempeñar las actividades requeridas.

Integración de la administración de operaciones con otras actividades

La organización de la función de operaciones y su relación con otras partes de la compañía varían al mismo tiempo que la misión de la AO. Aún más, la función de operaciones tiene más posibilidades de éxito cuando la estrategia de operaciones se integra con otras áreas funcionales de la empresa, como marketing, finanzas, MIS (*Management Information Systems* o sistemas de información para la administración) y recursos humanos. De esta forma todas las áreas apoyan los objetivos de la compañía. Por ejemplo, la programación a corto plazo en la industria de las aerolíneas está sujeta a los caprichosos patrones de vuelo de los pasajeros. Días de la semana preferidos, vacaciones, estacionalidad y calendarios escolares entre otros factores, desempeñan todos un papel relevante en los cambios de la programación de vuelos. En consecuencia, la programación de las aerolíneas, si bien es una actividad de AO, puede ser parte de marketing. La programación efectiva en la industria de los camiones de carga se refleja en la cantidad de tiempo que los camiones viajan cargados. No obstante, la programación de camiones de carga requiere información sobre puntos de entrega y recolección, choferes y otras partes de la organización. Cuando la organización de la función de AO da como resultado la programación efectiva en las industrias de vuelos comerciales y camiones de carga, puede haber una ventaja competitiva.

“Los negocios de manufactura del mañana no serán dirigidos por ejecutivos financieros, profesionales de marketing o abogados inexpertos en manufactura, como muchas de las compañías actuales en Estados Unidos”.

Peter Drucker

El administrador de operaciones proporciona los medios para transformar entradas o insumos en salidas o productos. Las transformaciones pueden ser en términos de almacenamiento, transporte, manufactura, disseminación de información y de la utilidad de un producto o servicio. *El trabajo del administrador de operaciones consiste en implantar la estrategia de AO, proporcionar ventaja competitiva e incrementar la productividad.*

OPCIONES DE ESTRATEGIA EN LAS OPERACIONES GLOBALES

Como se ha sugerido en este capítulo, en la actualidad muchas de las estrategias de operaciones requieren una dimensión internacional. Tendemos a llamar a una empresa con dimensión internacional un negocio internacional o corporación multinacional. Un **negocio internacional** es cualquier empresa que se involucra en el comercio o la inversión internacionales. Ésta es una categoría muy amplia y opuesta a la de la empresa nacional o local, que llamaremos *empresa doméstica*.

Una **corporación multinacional (CMN)** es una empresa con *amplia* participación en negocios internacionales. Las CMN compran recursos, crean bienes o servicios y venden bienes o servicios en muchos países. El término *corporación multinacional* se aplica a la mayoría de los negocios mundiales grandes y bien conocidos. Sin duda IBM es un buen ejemplo de una CMN. Importa componentes electrónicos a Estados Unidos desde más de 50 países, exporta computadoras a más de 130, cuenta con instalaciones en 45 países y obtiene más de la mitad de sus ventas y utilidades en el extranjero.

Los administradores de operaciones de las empresas internacionales o multinacionales enfocan las oportunidades globales con una de las cuatro estrategias de operaciones, a saber: *internacional, multidoméstica, global y transnacional* (figura 2.9). La matriz de la figura 2.9 muestra en su eje vertical la reducción de costo y en el horizontal, la capacidad de respuesta local. La respuesta local implica la rápida respuesta o la diferenciación necesaria para el mercado local. El administrador de operaciones debe saber cómo posicionar a la empresa en esta matriz. Examinemos cada una de las cuatro estrategias.

Negocio internacional

Empresa que se involucra en transacciones más allá de sus fronteras.

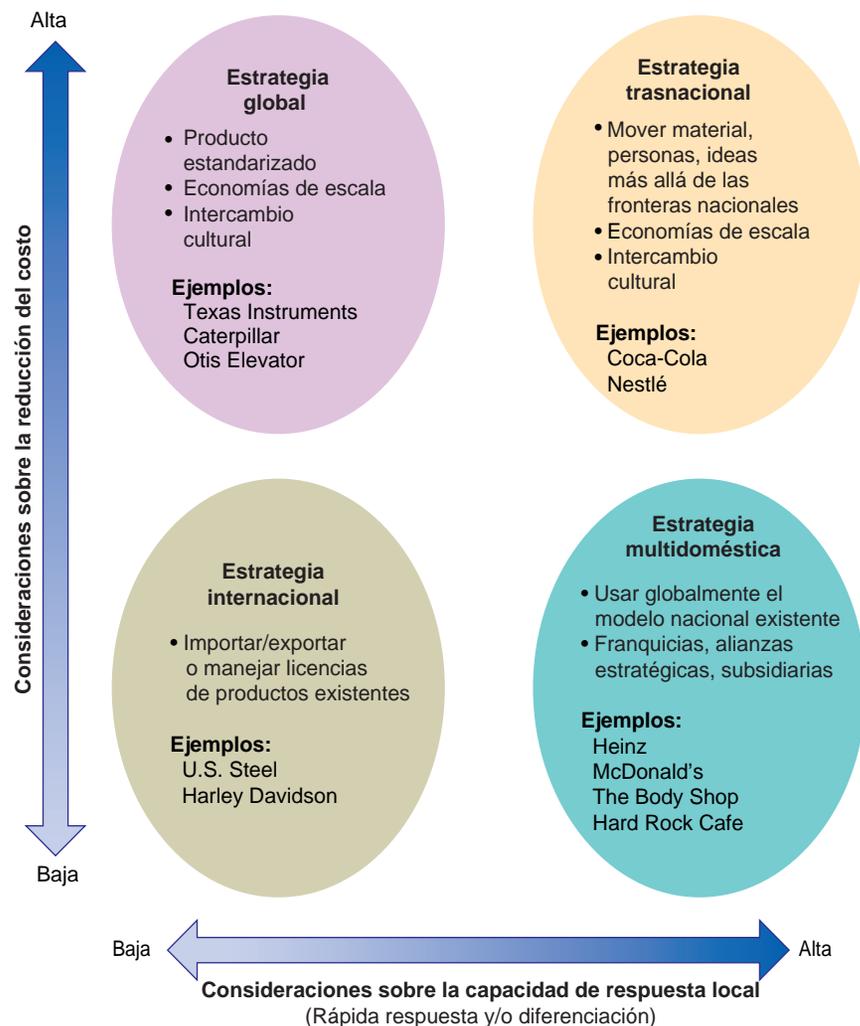
Corporación multinacional (CMN)

Empresa que participa de manera amplia en negocios internacionales, siendo propietaria o controlando instalaciones en más de un país.

FIGURA 2.9 ■

Cuatro estrategias internacionales de operaciones

Fuentes: Véanse presentaciones similares en C. Hill y G. Jones, *Strategic Management*, 5a. ed. (Nueva York: Houghton-Mifflin, 2002); y M. Hitt, R. D. Ireland y R. E. Hoskisson, *Strategic Management, Competitiveness and Globalization*, 5a. ed. (Cincinnati: Southwestern College Publishing, 2003).





Algunos negocios internacionales tienen los mismos niveles de tecnología, remuneración, seguridad y conciencia ecológica en todos los países. Por ejemplo, esta planta de IBM en Brasil usa los mismos “trajes de conejo” de protección y “cuartos asépticos” que usan las plantas de Estados Unidos y Japón.

Estrategia internacional

Estrategia internacional

Se penetra en los mercados globales mediante exportaciones y licencias.

Una **estrategia internacional** emplea exportaciones y licencias para penetrar en el ámbito global. Como lo muestra la figura 2.9, la estrategia internacional es la menos ventajosa, con poca capacidad de respuesta local y poca ventaja en costo. Existe poca capacidad de respuesta porque se exporta o se da a concesión un bien de su país de origen. Además, las ventajas por costo pueden ser pocas porque se usa el proceso de producción existente a cierta distancia del nuevo mercado. No obstante, la estrategia internacional frecuentemente es la más sencilla, porque las exportaciones requieren pocos cambios en las operaciones y los acuerdos de licencia suelen transferir gran parte del riesgo al concesionario.

Estrategia multidoméstica

Las decisiones de operación se descentralizan en cada país para mejorar la respuesta local.

Estrategia multidoméstica

La **estrategia multidoméstica** descentraliza la autoridad y da una autonomía sustancial a cada negocio. En términos de la organización, estos negocios suelen ser subsidiarias, franquicias o alianzas estratégicas bastante independientes. La ventaja de esta estrategia consiste en maximizar una respuesta competitiva para el mercado local. Sin embargo, la estrategia cuenta con poca o ninguna ventaja por costo. Muchos productores de alimentos, como Heinz, usan la estrategia multidoméstica para ajustarse a los gustos locales debido a que la integración global del proceso de producción no resulta crítica. El concepto es: “Nosotros tuvimos éxito en el mercado local; exportemos el talento administrativo y los procesos, no necesariamente el producto, para ajustarnos a otro mercado”. McDonald’s opera básicamente con una estrategia multidoméstica, lo que le confiere la capacidad de respuesta local necesaria para modificar sus menús de un país a otro. Así, McDonald’s puede servir cerveza en Alemania, vino en Francia, McHuevo (hamburguesa de huevo cocido) en Uruguay y hamburguesas sin carne en la India. Resulta interesante que McDonald’s prefiera referirse a sí misma como *multilocal*.¹²

“Con 2,000 restaurantes en Japón y una presencia durante más de una generación, la familia japonesa promedio piensa que Japón inventó McDonald’s”.

Jack Greenberg,
director general

Estrategia global

Las decisiones operativas se centralizan y la oficina matriz coordina la estandarización y el aprendizaje entre las instalaciones.

Estrategia global

Una **estrategia global** posee un alto grado de centralización —oficinas centrales que coordinan la organización para lograr la estandarización y el aprendizaje entre las plantas— generando con ello economías de escala. Esta estrategia es apropiada cuando el enfoque estratégico se dirige a la reducción del costo, pero es poco recomendable cuando la exigencia de respuesta local es alta. Caterpillar, líder mundial en equipo de excavación y acarreo de tierra, y Texas Instruments, uno de los líderes mundiales en semiconductores,

¹²James L. Watson, ed., *Golden Arches East: McDonald’s in East Asia* (Stanford University Press, 1997): 12. Nota: McDonald’s también opera con algunas ventajas de una organización global. Al emplear líneas de producto muy similares en todo el mundo, McDonald’s obtiene ciertas ventajas de la estandarización de la estrategia global. No obstante, se las ingenia para obtener las ventajas de una multidoméstica.

En su continua y feroz batalla global contra Caterpillar por los clientes de equipo pesado, Komatsu está construyendo equipo en todo el mundo como lo dictan los costos y la logística. Esta estrategia mundial permite a Komatsu mover su producción en la medida en que los mercados y las tasas del tipo de cambio cambian.



desarrollan estrategias globales. Caterpillar y Texas Instruments encuentran ventajas en esta estrategia debido a que sus productos finales son semejantes en todo el mundo. El equipo de excavación y acarreo de tierra es igual en Nigeria que en Iowa, lo cual permite a Caterpillar tener fábricas individuales dedicadas a una línea limitada de productos que se embarcan a todo el mundo. Lo anterior da como resultado economías de escala y aprendizaje dentro de cada instalación. Una estrategia global también hace posible que Texas Instruments construya plantas de tamaño óptimo con procesos similares, para después maximizar el aprendizaje gracias a una intensa comunicación entre las plantas. El resultado es una ventaja de reducción de costos efectiva para Texas Instruments.

Estrategia transnacional

Estrategia transnacional
Combina los beneficios de las eficiencias de la escala global con los beneficios de la respuesta local.

Una **estrategia transnacional** aprovecha al máximo las economías de escala y el aprendizaje, así como las presiones sobre la capacidad de respuesta, al reconocer que la competencia básica no sólo reside en el país “casa”, sino que puede existir en cualquier parte de la organización. El concepto de **transnacional** describe una condición en la que materiales, personas e ideas cruzan, o *traspasan*, las fronteras nacionales. Estas empresas tienen el potencial de desarrollar las tres estrategias de operaciones (diferenciación, bajo costo y respuesta). Es posible concebir a estas compañías como “compañías mundiales” cuyo país de identidad no es tan importante como su red interdependiente de operaciones por todo el mundo. Las actividades clave en una compañía transnacional no se centralizan en la compañía matriz, ni se descentralizan para que cada subsidiaria pueda llevar a cabo sus propias tareas con una base local. En vez de ello, los recursos y las actividades están dispersos, pero especializados, con el fin de hacerlos flexibles y eficientes en una red interdependiente.¹³ Nestlé es buen ejemplo de este tipo de compañía. Aun cuando legalmente es suiza, 95% de sus activos pertenecen a accionistas que radican fuera de Suiza, y 98% de sus ventas se realizan también fuera de este país. Menos de 10% de sus trabajadores son suizos. De manera parecida, empresas de servicios como Asea Brown Boveri (empresa de ingeniería sueca cuya oficina matriz se encuentra en Suiza), Reuters (agencia de noticias), Bertelsmann (editorial) y Citicorp (corporación bancaria) pueden catalogarse como transnacionales. Como la identidad nacional de estas transnacionales se desvanece, Alvin Toffler ha sugerido que pueden llegar a transformarse en compañías sin estado.¹⁴

RESUMEN

Las operaciones globales significan retos y oportunidades para los administradores de operaciones. Si bien esta tarea es desafiante, los administradores de operaciones son capaces de mejorar la productividad en una economía global competitiva y dinámica; asimismo, pueden construir y manejar funciones de la AO que contribuyan de manera significativa a la competitividad. Las organizaciones identifican sus fortalezas y debilidades. Después desarrollan las misiones y estrategias adecuadas para dichas fortalezas y debilidades, y complementan las oportunidades y amenazas que existen en el entorno. Si el procedimiento se realiza de manera correcta, la organización puede tener una ventaja competitiva mediante alguna combinación de diferenciación de producto, bajo costo y respuesta. Esa ventaja competitiva a menudo se logra cuando las empresas cambian a estrategias internacionales, multidomésticas, globales o transnacionales.

¹³Christopher Bartlett y Sumantra Ghoshal, *Transnational Management* (Homewood, IL: Richard B. Irwin, 1992): 14.

¹⁴Alvin Toffler, citado en “Recipe for Intelligence”, *Information Today* (marzo de 1994): 61-63.

El uso efectivo de los recursos (multidomésticos o internacionales) es responsabilidad del administrador profesional; los administradores profesionales se encuentran entre las pocas personas que *pueden* alcanzar ese desempeño en nuestra sociedad. El desafío es grande, sin embargo, las recompensas para el administrador y la sociedad son notables.

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|--|---------------------------------|
| Maquiladoras | Decisiones de operaciones |
| Organización Mundial de Comercio (OMC) | PIMS |
| Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) | Análisis SWOT |
| Unión Europea (UE) | Factores críticos para el éxito |
| Misión | Mapa de actividades |
| Estrategia | Negocio internacional |
| Ventaja competitiva | Corporación multinacional (CMN) |
| Diferenciación | Estrategia internacional |
| Diferenciación por experiencia | Estrategia multidoméstica |
| Liderazgo por bajo costo | Estrategia global |
| Respuesta | Estrategia transnacional |

PROBLEMA RESUELTO

Estrategia en Pirelli SpA

La industria global de llantas sigue consolidándose. Michelin adquiere Goodrich y Uniroyal y construye plantas en todo el mundo. Bridgestone compra Firestone, amplía su presupuesto de investigación y se enfoca en los mercados del mundo. Goodyear gasta en investigación casi 4% de sus ingresos por ventas. Estas tres dinámicas empresas han llegado a dominar el mercado mundial de llantas, cada una con 15% o 20% de participación en el mercado. Ante esta repartición, la compañía italiana de la antigua línea Pirelli SpA reaccionó, aunque tuvo dos errores: la compra de Armstrong Tire y una apuesta desastrosa para adquirir el fabricante de llantas alemán Continental AG. Pirelli aún tenía 5% del mercado y para 1991 estaba perdiendo 500 millones de dólares cada año mientras la competencia se fortalecía. Las llantas son un negocio difícil y competitivo que recompensa a las compañías con fuerte participación en el mercado y grandes partidas de producción.

Use un análisis SWOT con objeto de establecer una estrategia factible para Pirelli.

SOLUCIÓN

1. Encontrar una oportunidad en el mercado mundial que evite el acaparamiento del mercado masivo de los tres grandes fabricantes de llantas.

2. Maximizar la fortaleza interna aprovechando que llantas Pirelli ganara el World Rally Championship en 1995 y 1996 y el hecho de contar con uno de los nombres de marca más sólidos del mundo.

Pirelli estableció tratos exclusivos con Jaguar XJ-8 y Lotus Elise, y tiene una importante participación en las ventas de llantas en Porsche, Mercedes S-Class, BMW y Saabs. Las personas están dispuestas a pagar un precio mayor por las llantas Pirelli. Asimismo, Pirelli decidió hacer un cambio de las llantas estándar con bajo margen a llantas de alto desempeño con alto margen. La función de operaciones respondió enfocando sus esfuerzos de diseño en llantas de alto desempeño y desarrollando un sistema modular de manufactura que permite un cambio más rápido entre modelos. Dicho sistema modular, en combinación con inversiones en una nueva flexibilidad de manufactura, ha reducido el tamaño de los lotes (a 150 o 200) haciendo económicamente factibles los pequeños lotes de llantas de alto desempeño. La amenaza de que las tres grandes compañías busquen el mercado de llantas de alto desempeño sigue latente, aunque Pirelli ha dejado atrás la debilidad que representaba tener una pequeña participación en el mercado. Además, la empresa ha vuelto a ser rentable.

Fuentes: *Forbes* (19 de mayo de 1997): 106-113; y *Wall Street Journal* (1 de agosto de 1997): B3.

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos actuales e investigación
- Recorrido virtual por una compañía
- Casos en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

- Con base en las descripciones y los análisis en este capítulo, ¿considera que Boeing se describiría mejor como una empresa global o como una empresa transnacional? Coméntelo.
- Enumere seis razones para internacionalizar las operaciones.
- Se dice que Coca-Cola es un producto global. ¿Esto significa que Coca-Cola se elabora de la misma forma en todo el mundo? Analícelo.
- Defina la *misión*.
- Defina la *estrategia*.
- Describa en qué difieren los propósitos de la *misión* y la *estrategia* de una organización.
- Identifique la misión y la estrategia del taller de reparaciones al que lleva su automóvil. ¿Cuáles son las manifestaciones de las 10 decisiones de AO en el taller, es decir, cómo se logra cada una de las 10 decisiones?
- Como actividad para la biblioteca o Internet, identifique la misión de una empresa y la estrategia que apoya esa misión.
- ¿Cómo cambia una estrategia de AO durante el ciclo de vida de un producto?
- Existen tres formas básicas de lograr una ventaja competitiva. Sin mencionar los casos del texto, dé un ejemplo de cada una. Justifique sus ejemplos.
- Describa las cinco características de PIMS acerca del alto rendimiento sobre la inversión (ROI) de una empresa.
- Dado el análisis sobre Southwest Airlines en el texto, defina una *estrategia de operaciones* para la empresa.
- ¿Cómo debe integrarse una estrategia de operaciones con marketing y contabilidad?

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

Usted, como fabricante de zapatos deportivos con una imagen de calidad y apreciado por su responsabilidad social, encuentra que sus costos se incrementan. Tradicionalmente, los zapatos deportivos se fabrican en Indonesia y Corea del Sur. Si bien el negocio en dichos países ha ido mejorando, también los promedios salariales se han incrementado. El diferencial en el costo de mano de obra entre sus proveedores actuales y un contratista que llevaría los zapatos a China excede ahora 1 dólar por par. La proyección de sus

ventas para el año próximo es 10 millones de pares de zapatos y los análisis sugieren que este diferencial en costo no se neutraliza con otro costo tangible; usted enfrenta únicamente el riesgo político y el daño potencial a su compromiso con la responsabilidad social. Por lo tanto, este dólar de ahorro por par de zapatos debe mejorar su objetivo final. Sin duda, el gobierno chino sigue siendo un gobierno represor y aún está lejos de la democracia. ¿Qué debe hacer y sobre qué bases debe tomar sus decisiones?

PROBLEMAS

- 2.1 El texto señala tres formas principales —enfoques estratégicos— para lograr la ventaja competitiva. Dé un ejemplo de cada una que no se mencione en el texto. Justifique sus elecciones. (*Pista*: observe los ejemplos proporcionados).
- : 2.2 Dentro de la industria de servicios de alimentación (restaurantes que sirven alimentos a los clientes, pero no sólo de comida rápida), encuentre nombres de empresas que han sostenido una ventaja competitiva compitiendo con base en: **1.** liderazgo por costo, **2.** respuesta y **3.** diferenciación. Cite un ejemplo de cada categoría; proporcione una o dos oraciones para apoyar cada ejemplo. No emplee cadenas de comida rápida para todas las categorías. (*Pista*: un “menú de 99 centavos de dólar” es muy fácil de copiar y no es una buena fuente de ventaja sostenida).
- : 2.3 Hojee el *The Wall Street Journal*, la sección financiera de algún diario o lea las noticias de negocios en línea. Busque artículos sobre aspectos de manufactura que no funcionan en todas partes: los trabajadores no están autorizados para hacer esto, los trabajadores no pueden capacitarse para hacer aquello, esta tecnología no está permitida, los trabajadores no pueden manejar estos materiales, etcétera. Prepárese para compartir los artículos en un debate en clase.

- : 2.4 **Relacione correctamente el producto con la compañía matriz y el país**

| PRODUCTO | COMPAÑÍA FILIAL | PAÍS |
|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| Camisas Arrow | a. Volkswagen | 1. Francia |
| Electrodomésticos Braun | b. Bidermann International | 2. Gran Bretaña |
| Autos Lotus | c. Bridgestone | 3. Alemania |
| Llantas Firestone | d. Campbell Soup | 4. Japón |
| Chocolates Godiva | e. Credit Lyonnais | 5. Estados Unidos |
| Helados Häagen-Daz | f. Ford Motor Company | 6. Suiza |
| Autos Jaguar | g. Gillette | 7. Malasia |
| Películas MGM | h. Grand Metropolitan | |
| Autos Lamborghini | i. Michelin | |
| Llantas Goodrich | j. Nestlé | |
| Comida para mascotas Alpo | k. Proton | |

- : 2.5 Identifique cómo afectan los cambios en el ambiente interno a la estrategia de AO de una compañía. Por ejemplo, analice qué efecto podrían tener los siguientes factores internos en la estrategia de AO:
 - a) Madurez de un producto.
 - b) Innovación tecnológica en el proceso de manufactura.
 - c) Modificaciones en el diseño del producto que cambian las unidades para disquetes de 3 1/2 por las de CD-ROM.
- : 2.6 Identifique cómo afectan los cambios en el ambiente externo a la estrategia de AO de una compañía. Por ejemplo, analice qué efecto podrían tener los siguientes factores externos en la estrategia de AO:
 - a) Incrementos importantes en los precios del petróleo.
 - b) Leyes sobre la calidad del agua y el aire.
 - c) Menor número de empleados jóvenes con posibilidades de ingresar al mercado laboral.
 - d) Inflación *versus* precios estables.
 - e) Leyes que cambian los seguros médicos de prestación a un ingreso gravable.
- : 2.7 Elabore una clasificación para la corrupción para los siguientes países: México, Turquía, Dinamarca, Estados Unidos, Taiwan, Brasil y otros países que quiera incluir. (*Pista:* consulte fuentes como *Transparency International*, *Asia Pacific Management News* y *The Economist*).
- : 2.8 Elabore una clasificación sobre la competitividad o el entorno comercial para Inglaterra, Singapur, Estados Unidos, Hong Kong e Italia. (*Pista:* consulte *Global Competitive Report*, *World Economic Forum*, Ginebra y *The Economist*).

CASO DE ESTUDIO

Minit-Lube, Inc.

Existe un mercado importante y permanente para talleres de afinación y lubricación de automóviles. Esta demanda surgió debido al cambio en los patrones de compra del consumidor cuando las gasolineras de auto-servicio proliferaron. Ahora los consumidores cargan su propia gasolina, lo que hace necesaria una segunda parada para el aceite y la lubricación. En consecuencia, Minit-Lube, Mobil-Lube, Jiffy-Lube y otros negocios desarrollaron una estrategia para aprovechar esta oportunidad.

Las gasolineras de Minit-Lube hacen cambios de aceite, lubricación y limpieza interior de autos en un ambiente reluciente. Las instalaciones están limpias, pintadas de blanco y a menudo rodeadas por jardines cuidados. Con el fin de facilitar un servicio rápido, los automóviles pueden entrar de tres en tres. En Minit-Lube los clientes reciben la bienvenida de los representantes del servicio, quienes se graduaron en la escuela Minit-Lube en Salt Lake City. La escuela de Minit-Lube no difiere de la McDonald's Hamburger University cerca de Chicago o de la escuela de capacitación de Holiday Inn en Memphis. El recepcionista toma la orden, que casi siempre incluye revisión de fluidos (aceite, agua, líquido de frenos, aceite de transmisión, grasa del diferencial) y la lubricación necesaria, así como cambio de filtros de aire y aceite. El personal del ser-

vicio vestido con uniformes pulcros entra en acción. El equipo se compone por tres personas, una revisa los niveles de fluidos, otra se encarga de aspirar los interiores y limpiar las ventanas, y la tercera cambia el filtro del aceite, drena el aceite, revisa el diferencial y la transmisión y los lubrica si es necesario. La asignación precisa de tareas y una buena capacitación se han diseñado para que el automóvil salga del área de servicio en 10 minutos. La idea es no cobrar más, y de preferencia menos, que las gasolineras, cadenas de reparación de automóviles y distribuidores de autos, a la vez que ofrecer un buen servicio.

Preguntas para analizar

1. ¿Qué constituye la misión de Minit-Lube?
2. ¿De qué forma ofrece ventaja competitiva la estrategia de operaciones de Minit-Lube? (*Pista:* evalúe cómo desempeñan las 10 decisiones de administración de operaciones los competidores tradicionales de Minit-Lube y cómo la desempeña Minit-Lube).
3. ¿Es posible que Minit-Lube haya aumentado su productividad sobre la de sus competidores tradicionales? ¿Por qué? ¿Cómo se mediría la productividad en esta industria?

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Estrategia en Regal Marine

Regal Marine, uno de los 10 más grandes fabricantes de botes motorizados en Estados Unidos, logra su misión —proporcionar botes lujosos de alto desempeño a clientes de todo el mundo— usando una estrategia de diferenciación. Regal Marine establece una diferencia en sus productos mediante la innovación constante, características únicas y alta calidad. El aumento de las ventas en la empresa familiar de Orlando, Florida, sugiere que la estrategia está funcionando.

Como fabricante de botes de calidad, Regal Marine comienza con la innovación continua, como se refleja en el diseño asistido por computadora (CAD), moldes de alta calidad y una tolerancia mínima de errores que se controlan mediante gráficas de defectos y una rigurosa inspección visual. Sin embargo, desde interior la calidad aún no es suficiente. Debido a que un producto es tan bueno como las partes que lo conforman, Regal ha establecido vínculos estrechos con algunos proveedores para asegurar tanto la flexibilidad como la perfección en las partes. Con ayuda de estos

(continuación)

proveedores, Regal produce una línea de producto de 22 botes, que van del Rush, de 14 mil dólares para tres pasajeros, al yate Commodore de 42 pies de eslora y 500 mil dólares.

“Construimos botes,” dice el vicepresidente Tim Kuck, “pero en realidad estamos en el negocio de la ‘diversión’. Nuestra competencia incluye no sólo otros 300 fabricantes de botes, canoas y yates de nuestra industria de 17 mil millones de dólares, sino también teatros, Internet y cualquier otra opción de entretenimiento familiar”. Por fortuna para Regal, con el fortalecimiento de la economía y el rechazo del impuesto sobre botes de lujo, ha ido pagando su deuda y aumentando su participación en el mercado.

Regal también ha unido muchos otros fabricantes independientes de botes de la American Boat Builders Association. A través de las economías de escala en las adquisiciones, ha sido posible que Regal navegue

contra el multimillonario competidor Brunswick (fabricante de las marcas Sea Ray y Bayliner). El *Perfil global de la compañía* que presenta a Regal Marine (al inicio del capítulo 3) da más antecedentes de Regal Marine y de su estrategia.

Preguntas para analizar

1. Describa con sus propias palabras la misión de Regal Marine.
2. Identifique las debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades que sean relevantes para la estrategia de Regal Marine.
3. ¿Cómo definiría la estrategia de Regal?
4. ¿Cómo se aplicarían cada una de las 10 decisiones de administración de operaciones a la toma de decisiones de operaciones en Regal Marine?

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Estrategia global de Hard Rock Cafe

Hard Rock está introduciendo el concepto de “economía de la experiencia” en la operación de sus restaurantes. La estrategia es incorporar una nueva “experiencia” en sus operaciones. Esta innovación busca impulsar de alguna manera la personalización masiva en la manufactura. En Hard Rock, el concepto de experiencia no sólo consiste en ofrecer una comida personalizada del menú, sino también un acontecimiento culinario que incluye una experiencia visual y sonora que no se repite en ninguna parte del mundo. La estrategia está teniendo éxito. Otros restaurantes temáticos han desaparecido, mientras que Hard Rock sigue creciendo. El profesor C. Markides, de London Business School, señala: “el truco no es jugar mejor que los competidores, sino desarrollar un juego completamente diferente”.* En Hard Rock el juego diferente es el juego de la experiencia.

Desde la inauguración de su primer restaurante en Londres en 1971, durante el auge del rock británico, Hard Rock ha venido sirviendo comida y ofreciendo música rock con igual entusiasmo. Hard Rock Cafe tiene 40 sitios en Estados Unidos, casi una docena en Europa y los demás distribuidos alrededor del mundo, desde Bangkok y Beijing hasta Beirut. Las nuevas construcciones, los arrendamientos y las inversiones en remodelación son a largo plazo, por lo que una estrategia global implica el análisis específico del riesgo político, los riesgos cambiarios y las normas sociales en el contexto de ajuste de la marca. Aunque la marca Hard Rock es una de las más reconocidas del mundo, ello no significa que sea natural en todas partes. Una atención especial merece la cadena de suministro para el restaurante y la tienda al menudeo anexa. Casi 48% de las ventas de un establecimiento típico de Hard Rock proviene de las mercancías que vende en su tienda.

El modelo de negocios de Hard Rock Cafe está bien definido, pero por diversos factores de riesgo y diferencias en las prácticas comerciales y leyes laborales, Hard Rock elige otorgar franquicias para casi la mitad de sus restaurantes. A menudo las normas locales y las preferencias sugieren ciertas modificaciones en los menús para adaptarse al gusto local.

Por ejemplo, los europeos, en particular los británicos, siguen temerosos de la enfermedad de las vacas locas; por lo cual Hard Rock se enfoca menos en las hamburguesas y la carne, y más en el pescado y carnero en los restaurantes de Inglaterra.

Puesto que 70% de los comensales de Hard Rock son turistas, en los últimos años se ha expandido a “destinos turísticos”. Si bien ésta ha sido una estrategia exitosa por décadas, al permitir el crecimiento en Londres desde un restaurante hasta 110 instalaciones en 41 países, ha hecho que Hard Rock sea susceptible a las fluctuaciones económicas que golpean más fuertemente al negocio del turismo. No obstante, Hard Rock está firmando un contrato a largo plazo para una nueva localización en Nottingham, Inglaterra, para unirse a los restaurantes recientemente abiertos en Manchester y Birmingham, ciudades que no son destinos turísticos. Al mismo tiempo los menús se están enriqueciendo. Se espera que el establecimiento del negocio en estas ciudades empareje la demanda y haga que Hard Rock dependa menos del turismo.

Preguntas para analizar†

1. Identifique los cambios de estrategia que han ocurrido en Hard Rock Cafe desde su fundación en 1971.
2. Conforme Hard Rock ha cambiado su estrategia, ¿cómo han cambiado sus respuestas para algunas de las 10 decisiones de AO?
3. ¿En dónde se ubica Hard Rock dentro de las cuatro estrategias internacionales de operaciones señaladas en la figura 2.9? Justifique su respuesta.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

*Constantinos Markides, “Strategic Innovation”, *MIT Sloan Management Review* 38, núm. 3 (primavera de 1997): 9.

†Tal vez quiera ver el caso en video en su CD-ROM antes de responder estas preguntas.

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para los siguientes casos de estudio gratuitos:

- **Johannsen Steel Company:** Analiza una compañía especializada en acero y su dificultad para hacer ajustes en su estrategia.
- **Operaciones internacionales en General Motors:** Trata sobre los planes estratégicos de expansión global de GM.
- **Estrategia global de Motorola:** Se centra en la estrategia internacional de Motorola.

Harvard ha elegido estos casos de Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Fresh Connections (#600-022):** Investiga cómo estructurar las operaciones para aprovechar el continuo crecimiento en el mercado del reemplazo de la comida casera.
- **Komatsu Ltd. (#398-016):** Describe la transformación estratégica y organizacional en Komatsu, una productora importante de equipo para la construcción con base en Japón.
- **Toys “Я” Us de Japón (#796-077):** Documenta las dificultades de la empresa para entrar en el mercado japonés del juguete.
- **Lenzing AG: expansión en Indonesia (#796-099):** Presenta los problemas que rodean la expansión en un país extranjero.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, David. “Seven Rules of International Distribution”. *Harvard Business Review* 78, núm. 6 (noviembre-diciembre de 2000): 131-137.
- Bodily, Samuel E. y Michael S. Allen. “A Dialogue Process for Choosing Value-Creating Strategies”. *Interfaces* 29, núm. 3 (noviembre-diciembre de 1999): 16-28.
- Drucker, P. F. “The Emerging Theory of Manufacturing”. *Harvard Business Review* 68, núm. 3 (mayo-junio de 1990): 94-103.
- Duncan, W. J., P. M. Ginter y L. E. Swayne. “Competitive Advantage and International Organization Assessment”. *Academy of Management Executive* 12, núm. 3 (agosto de 1998): 6-16.
- Flynn, B. B., R. G. Schroeder y E. J. Flynn. “World Class Manufacturing: An Investigation of Hayes and Wheelwright’s Foundation”. *Journal of Operations Management* 17, núm. 3 (marzo de 1999): 249-269.
- Gerwin, Donald. “Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective”. *Management Science* 39, núm. 4 (abril de 1993): 395-411.
- Gilmore, James H. y B. Joseph Pine II. *Markets of One: Creating Customer-Unique Value Through Mass Customization*. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- MacMillan, Ian C. y Rita Gunther McGrath. “Discovering New Points of Differentiation”. *Harvard Business Review* 75, núm. 4 (julio-agosto de 1997): 135-145.
- Markides, Constantinos. “Strategic Innovation”. *Sloan Management Review* 38 (primavera de 1997): 9-24.
- Matheson, David y James E. Matheson. “Outside-In Strategic Modeling”. *Interfaces* 29, núm. 6 (noviembre-diciembre de 1999): 29-41.
- Ohmae, K. “The Borderless World”. *Sloan Management Review* 32 (invierno de 1991): 117.
- Pine II, B. Joseph y James Gilmore. *The Experience Economy: Work is Theatre & Every Business a Stage*. Boston: Harvard Business School Press, 1999.
- Porter, M. E. *The Competitive Advantage of Nations*. Nueva York: The Free Press, 1990.
- Sarkis, J. “An Analysis of the Operational Efficiency of Major Airports in the United States”. *Journal of Operations Management* 18, núm. 3 (abril de 2000): 335-352.
- Skinner, W. *Manufacturing: The Formidable Competitive Weapon*. Nueva York: John Wiley, 1985.
- Vokurka, Robert J. y Scott W. O’Leary-Kelly. “A Review of Empirical Research on Manufacturing Flexibility”. *Journal of Operations Management* 18, núm. 4 (junio de 2000): 485-501.
- Wise, Richard y Peter Baumgartner. “Go Downstream: The New Profit Imperative in Manufacturing”. *Harvard Business Review* 77, núm. 5 (septiembre-octubre de 1999): 133-143.
- Womack, J. P., D. T. Jones y D. Roos. *The Machine That Changed the World*. Nueva York: Rawson Associates, 1990.
- Wright, Jeff y Tom Proschek. “Spotlight on Global Manufacturing”. *APICS The Performance Advantage* (abril de 2001): 30-32.
- Zahra, S. A. “The Changing Rules of Global Competitiveness in the 21st Century”. *The Academy of Management Executive* 13, núm. 1 (febrero de 1999): 36-42.



RECURSOS DE INTERNET

Business Policy and Strategy, Division of the Academy of Management:

<http://www.aom.pace.edu/bps/>

Country Competitiveness Indicators from the World Bank:

<http://wbln0018.worldbank.org/psd/competenst/>

European Union:

<http://europa.eu.int/abc-en.htm>

International Trade Net:

<http://www.intl-tradenet.com/>

Manufacturing Strategies, en Cranfield University:

<http://www.cranfield.ac.uk/som>

Transparency International mantiene el Índice de Percepción de Pagadores de Soborno (Bribe Payers Perception Index, BPI) y el Índice de Percepción de la Corrupción (Corruption Perceptions Index):

<http://www.transparency.de/>

<http://www.globalcorruptionreport.org>

Banco Mundial:

<http://www.worldbank.org>

Foro Económico Mundial:

<http://www.weforum.com>

Diseño de bienes y servicios

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LA ESTRATEGIA DE PRODUCTO PROPORCIONA VENTAJA COMPETITIVA EN REGAL MARINE SELECCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Las opciones de estrategia de producto apoyan la ventaja competitiva

Ciclos de vida del producto

Ciclo de vida y estrategia

Análisis del producto por su valor

GENERACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

Oportunidades del nuevo producto

Importancia de los nuevos productos

DESARROLLO DE PRODUCTOS

Sistema de desarrollo del producto

Despliegue de la función de calidad (DFC)

Organización para el desarrollo de producto

Manufacturabilidad e ingeniería de valor

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS

Diseño robusto

Diseño modular

Diseño asistido por computadora (CAD)

Manufactura asistida por computadora (CAM)

Tecnología de realidad virtual

Análisis de valor

Diseños en armonía con el ambiente

COMPETENCIA BASADA EN EL TIEMPO

Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa

Sociedades de riesgo compartido

Alianzas

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Decisiones de hacer o comprar

Tecnología de grupos

DOCUMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN

DISEÑO DEL SERVICIO

Documentos para los servicios

APLICACIÓN DE ÁRBOLES DE DECISIONES AL DISEÑO DE PRODUCTO

TRANSICIÓN A PRODUCCIÓN

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASO DE ESTUDIO: ESTRATEGIA DE PRODUCTO EN DE MAR

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: DISEÑO DE PRODUCTO
EN REGAL MARINE

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Ciclo de vida del producto

Equipo de desarrollo del producto

Manufacturabilidad e ingeniería de valor

Diseño robusto

Competencia basada en el tiempo

Diseño modular

Diseño asistido por computadora

Análisis de valor

Tecnología de grupos

Administración de la configuración

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Alianzas

Ingeniería concurrente

Análisis de producto por su valor

Documentación del producto

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

La estrategia de producto proporciona ventaja competitiva en Regal Marine

Aveintiocho años de haber sido fundada por el agricultor Paul Kuck, Regal Marine se ha convertido en una fuerza importante en los mares del mundo. Regal, el tercer constructor de botes más grande del mundo (por ventas globales), exporta a 30 países, que incluyen Rusia y China. Casi la tercera parte de sus ventas se realizan fuera del país.

El diseño de producto es crucial en el muy competido negocio de botes de placer: "nos mantenemos en contacto con nuestros clientes y respondemos al mercado", dice Kuck. "Sólo este año estamos introduciendo seis nuevos modelos. Defi-

nitivamente, estamos en el extremo más dinámico del espectro."

Con el cambio en los gustos del consumidor aunado a la variación de los materiales y una ingeniería marina que busca siempre mejorar, la función de diseño está sometida a una constante presión. A esto se suma también el problema de la competitividad en costos y la necesidad de ofrecer calidad a los clientes.

En consecuencia, Regal Marine usa frecuentemente el diseño asistido por computadora (CAD, *computer-aided design*). Los nuevos diseños cobran vida en el sistema CAD de tres dimensiones de



Un sistema CAD/CAM se emplea para diseñar el casco de un nuevo producto. Este proceso da como resultado un diseño y una producción más rápidos y eficientes.



Una vez que se tiene el casco a partir de un molde, recorre la línea de ensamble por un monorriel, donde un inventario JIT entrega motores, cables, pisos e interiores cuando se necesitan.

Regal, cuya tecnología se desarrolló inicialmente en la industria automotriz. La meta de los arquitectos navales de Regal es continuar disminuyendo el tiempo que va del concepto al prototipo y de éste a la producción. El sofisticado sistema CAD no sólo ha reducido el tiempo de desarrollo del producto, sino también los problemas relacionados con las herramientas y la producción, el resultado es un producto superior.

Todos los productos de Regal, desde sus botes de 14 mil dólares y 18 pies de eslora, hasta el yate Commodore de 500 mil dólares y 42 pies de eslora, siguen un proceso de producción semejante. Los cascos y las cabinas se construyen a mano y por separado, rociando de tres a cinco capas de laminado de fibra de vidrio sobre moldes preformados. Al endurecerse las capas, el casco y la cabina se remueven para formar las estructuras inferior y superior del bote. Cuando llegan a la línea de ensamble se unen y se les agregan distintos componentes en cada estación de trabajo.

Las cubiertas de madera, precortadas en la planta mediante un sistema dirigido por computadora, se entregan en una estación para instalarlas siguiendo un proce-

REGAL MARINE

dimiento justo a tiempo. Los motores —uno de los pocos componentes comprados— se instalan en otra estación. Entonces se colocan las estructuras para los arneses del cableado eléctrico, construidos

y equipados en la planta. Por su parte, el departamento de tapicería entrega asientos, camas, tableros de instrumentos y otros componentes acojinados. Por último, se colocan los elementos cromados y

el bote se envía al tanque de pruebas de Regal, donde todo se ajusta y calibra como parte del sistema de inspección.



En la etapa final, los botes se colocan en este tanque de pruebas y, donde una máquina de lluvia realiza las pruebas de hermeticidad.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

Diseño de bienes y servicios

Administración de la calidad
Estrategia de proceso
Estrategias de localización
Estrategias de distribución
Recursos humanos
Administración de la cadena de suministro
Administración de inventarios
Programación
Mantenimiento

Decisión de producto

Selección, definición y diseño de productos.

Las empresas globales como Regal Marine saben que la base de la existencia de una organización es el bien o servicio que proporciona a la sociedad. Un buen producto es la clave del éxito. Toda cuestión que no sea una excelente estrategia de producto puede ser catastrófica para la empresa. Con el propósito de maximizar su potencial para el éxito, las mejores compañías sólo se enfocan en unos cuantos productos y se concentran en ellos. Por ejemplo, el enfoque de Honda es motores. Prácticamente todas las ventas de Honda (autos, motocicletas, generadores, podadoras) se basan en la sobresaliente tecnología de sus motores. De igual forma, el enfoque de Intel está en los chips de computadora, y el de Microsoft, en los programas de software. No obstante, como todos los productos tienen un ciclo de vida limitado e incluso predecible, las compañías deben buscar constantemente nuevos productos que diseñar, desarrollar y llevar al mercado. Los buenos administradores de operaciones insisten en que una sólida comunicación entre clientes, producto, procesos y proveedores, es la base de un alto índice del éxito para sus nuevos productos. Por supuesto, los marcos de referencia varían entre las industrias, pero Regal introduce seis modelos de botes cada año y Rubbermaid introduce un nuevo producto ¡cada día!

Una de las estrategias de producto consiste en construir una habilidad especial para personalizar una familia estable de bienes o servicios. Este enfoque permite al cliente elegir entre las variaciones de un producto y al mismo tiempo reforzar la fortaleza de la organización. Dell Computer, por ejemplo, ha construido un enorme mercado mediante la entrega de computadoras con el hardware y software exactos que desea el usuario final. Además lo hace rápido, pues comprende que la velocidad es un imperativo para ganar un margen competitivo en el mercado.

Observe que muchas empresas de servicios también se refieren a lo que ofrecen como productos. Por ejemplo, cuando All State Insurance ofrece una nueva póliza a los propietarios de casas, se refiere a ella como un nuevo “producto”. De manera similar, cuando Citicorp abre un nuevo departamento hipotecario, ofrece cierto número de nuevos “productos” hipotecarios. Aun cuando en ocasiones el término *productos* suele referirse de manera común a los bienes tangibles, también se refiere a lo ofrecido por las organizaciones de servicios.

Una estrategia de producto efectiva vincula las decisiones de producto con la inversión, la participación en el mercado y el ciclo de vida del producto, y define el alcance de la línea de producto. El objetivo de la **decisión de producto** es desarrollar e implantar una estrategia de producto que satisfaga las demandas del mercado con ventaja competitiva. Como una de las 10 decisiones de AO, la estrategia de producto puede enfocarse en el desarrollo de la ventaja competitiva a través de la diferenciación, el bajo costo, la respuesta rápida o una combinación de éstas.

SELECCIÓN DE BIENES Y SERVICIOS

Las opciones de estrategia de producto apoyan la ventaja competitiva

Existe un mundo de opciones en la selección, definición y diseño de productos. La selección de producto es la elección del bien o servicio que se proporcionará a los clientes o consumidores. Por ejemplo, los hospitales se especializan en varios tipos de pacientes y en varios tipos de procedimientos médicos. La administración de un hospital decidirá manejar un hospital de atención general o un hospital especializado en maternidad o, como el caso del hospital canadiense Shouldice, especializarse en hernias. Los hospitales deciden sus productos cuando deciden qué tipo de hospital quieren ser. Existen numerosas opciones para los hospitales, al igual que existen para McDonald's o General Motors.

Las organizaciones como el hospital Shouldice *se diferencian* por sus productos. Asimismo, Shouldice se diferencia por ofrecer un producto único y de alta calidad. Su servicio de atención de hernias es tan eficaz que permite a sus pacientes regresar a la vida normal en ocho días y con muy pocas complicaciones, en contraste con los demás que lo hacen en dos semanas. Los pacientes de Shouldice llegan de todas partes del mundo y el hospital es tan popular que atiende a todos los que requieren sus servicios.

Taco Bell desarrolló y ejecutó una estrategia de *bajo costo* a través del diseño de producto. Con un producto diseñado (su menú) que se produce en pequeñas cocinas con un mínimo de mano de obra, Taco Bell desarrolló una línea de productos que tiene a la vez bajo costo y alto valor. El exitoso diseño de producto ha permitido que Taco Bell aumente el contenido de alimento en sus productos de 27 centavos a 45 por cada dólar vendido.

La estrategia de Toyota es una *respuesta rápida* a la cambiante demanda del consumidor. Al realizar el diseño más rápido de automóvil en la industria, Toyota ha llevado el tiempo de desarrollo de producto a menos de dos años en una industria cuyo estándar es todavía casi tres años. Aun cuando los competidores suelen operar un ciclo de diseño de tres años, un menor tiempo de diseño permite que Toyota saque al mercado un auto antes de que los gustos del consumidor cambien.

La selección de producto ocurre tanto en servicios como en manufactura. La foto muestra la sala de estar del hospital Shouldice. Este hospital es reconocido por su tratamiento de hernias como un hospital de clase mundial, no tiene sala de urgencias, de maternidad o de cirugía a corazón abierto, sólo hernias. Su sistema de producción completo está diseñado para este único producto. Utiliza anestesia local; los pacientes entran y salen de la sala de operaciones por su propio pie; las habitaciones son austeras y las comidas se sirven en un comedor común para estimular a los pacientes a salir de la cama para comer y reunirse con otros pacientes en la sala de estar. Como lo ha demostrado Shouldice, la selección del producto afecta todo el sistema de producción.



Las decisiones de producto son fundamentales para la estrategia de una organización y tienen implicaciones importantes en toda la función de operaciones. Por ejemplo, las flechas de la dirección de GM son un buen ejemplo del importante papel que desempeña el diseño de producto tanto en la calidad como en la eficiencia. La nueva flecha de dirección tiene un diseño más simple, con 30% menos de piezas que su predecesora. El resultado: un tiempo de ensamble un tercio menor y con una calidad siete veces mayor. Como agregado, la maquinaria en la nueva línea cuesta 33% menos que la línea anterior.

Ciclos de vida del producto

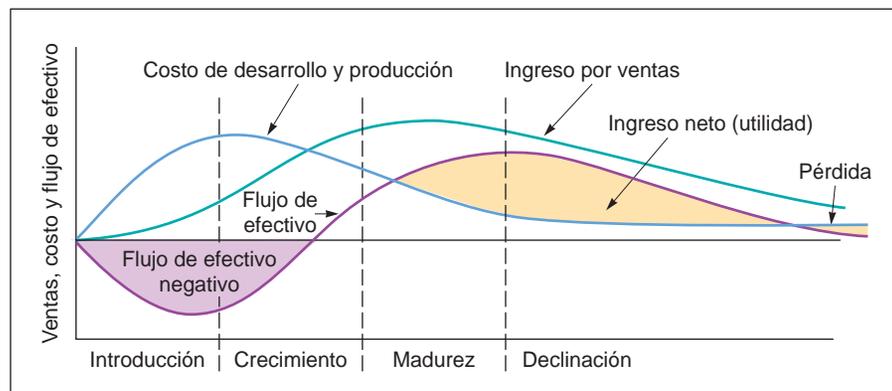
Los productos nacen, viven y mueren; el cambio en la sociedad los hace a un lado. Quizá sea útil pensar que la vida del producto se divide en cuatro etapas: introducción, crecimiento, madurez y declinación.

El ciclo de vida del producto puede ser cuestión de horas (un periódico), meses (modas de temporada o computadoras personales), años (discos de música) o décadas (el Beetle de Volkswagen). Independientemente de su duración, la tarea del administrador de operaciones es la misma: diseñar un sistema que ayude a introducir los nuevos productos con éxito. Si la función de operaciones no tiene un desempeño efectivo en esta etapa, la empresa estaría cargando perdedores, es decir, productos que no pueden fabricarse con eficiencia o, quizá, ni siquiera producirse.

La figura 3.1 muestra las cuatro etapas del ciclo de vida y su relación con la venta del producto, el flujo de efectivo y las utilidades durante el ciclo de vida del producto. Observe que lo típico es que la compañía presente un flujo de efectivo negativo mientras desarrolla un producto. Cuando el producto es exitoso, esas pérdidas llegan a recobrase. El producto exitoso rinde utilidades en algún momento antes de su declinación. Sin embargo, sus utilidades son transitorias. De ahí la demanda constante de nuevos productos.

FIGURA 3.1 ■

Ciclo de vida del producto, ventas, costo y utilidad



Ciclo de vida y estrategia

De la misma forma en que los administradores de operaciones deben estar preparados para el desarrollo de nuevos productos, también deben estarlo para desarrollar *estrategias* de productos nuevos y existentes. El examen periódico de los productos es apropiado ya que las *estrategias cambian en la medida que los productos transitan por su ciclo de vida*. Las estrategias de producto exitosas requieren determinar la mejor estrategia para cada producto con base en su posición en el ciclo de vida. La empresa, por lo tanto, identifica los productos o familias de productos y su posición en el ciclo de vida. Revisemos algunas opciones de estrategia conforme los productos transitan por su ciclo de vida.

Fase de introducción Como los productos en la fase introductoria aún se están “afinando” para el mercado, al igual que sus técnicas de producción, llegan a presentarse erogaciones inusuales para **1.** investigación; **2.** desarrollo de producto; **3.** modificación o mejoramiento del proceso, y **4.** desarrollo del proveedor. Por ejemplo, cuando los teléfonos celulares comenzaban a introducirse, también se estaban definiendo las características que el público deseaba. Al mismo tiempo, los administradores de operaciones se reunían para buscar las mejores técnicas de manufactura.

Fase de crecimiento En la etapa de crecimiento, el diseño del producto comienza a estabilizarse y es necesario un pronóstico efectivo de los requerimientos de capacidad. También puede ser necesario agregar capacidad o mejorar la capacidad existente para ajustarse al incremento de la demanda del producto.

Fase de madurez Para cuando el producto llega a su madurez, los competidores ya se establecieron. Así, suele ser apropiada la producción innovadora de gran volumen. Igualmente resultará eficaz o necesaria la mejora del control de costos, la reducción de las opciones y el adelgazamiento de la línea de producto, para lograr utilidades y participación en el mercado.

Fase de declinación En ocasiones, los administradores deben ser implacables con aquellos productos cuyo ciclo de vida está en la etapa final. Para los productos que están muriendo suele no valer la pena invertir recursos ni talento administrativo. A menos que los productos en declinación contribuyan de manera singular a la reputación de la empresa o su línea de productos, o puedan venderse con una rara contribución muy alta, debe darse por terminada su producción.¹

Análisis del producto por su valor

Un administrador de operaciones efectivo selecciona los artículos que prometen más. Éste es el principio de Pareto (es decir, concentrarse en pocos artículos importantes y no en muchos triviales) aplicado a la mezcla de productos: los recursos deben invertirse en los pocos importantes y no en los muchos triviales. El **análisis del producto por su valor** enumera los productos en orden descendente de acuerdo con su *contribución individual en dólares* a la empresa. También los enumera por su *contribución total anual en dólares*. Una baja contribución unitaria de un producto particular se vería sustancialmente distinta si representara una parte importante de las ventas de la compañía.

El informe de producto por su valor permite a la administración evaluar las posibles estrategias para cada producto. Éstas pueden incluir el aumento del flujo de efectivo (por ejemplo, incrementar la contribución aumentando su precio o disminuyendo su costo), el incremento de la penetración en el mercado (por ejemplo, aumentando la calidad o reduciendo el costo o el precio) o la reducción de los costos (mejorando el proceso de producción). El informe también indica a los administradores qué productos ya no deben ofrecerse, y cuáles no justifican más inversión en investigación y desarrollo o en equipo importante. El informe centra la atención de la administración en la dirección estratégica de cada producto.

GENERACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

Los productos mueren; los productos deben ser eliminados y reemplazados; las empresas generan la mayor parte de sus ingresos y utilidades con los nuevos productos; éstas son las razones por las que la selección, definición y diseño de producto se realizan de manera continua. Saber cómo encontrar y desarrollar con éxito nuevos productos es un requisito.

Oportunidades del nuevo producto

Una forma de generar ideas de nuevos productos es la lluvia de ideas. La **lluvia de ideas** es una técnica en la que un grupo diverso de personas comparten, sin críticas, ideas sobre un tema particular. La meta de este procedimiento es generar una discusión abierta que aporte ideas creativas de posibles productos y

Análisis del producto por su valor

Lista de productos en orden descendente de acuerdo con su contribución individual en dólares a la empresa, así como su contribución *total anual* en dólares.

Lluvia de ideas

Técnica en equipo para generar ideas creativas sobre un tema particular. Las ideas no se revisan sino hasta después de la sesión de lluvia de ideas.

¹La *contribución* se define como la diferencia entre el costo directo y el precio de venta. Los costos directos comprenden la mano de obra y los materiales que van dentro del producto.

AO EN ACCIÓN

Las ideas de Stryker llegan de sus clientes

Homer Stryker, empresa de productos para hospitales, ha estado durante diez años seguidos en la lista de *Forbes* de las mejores compañías pequeñas en Estados Unidos. Desde que fue fundada, hace 50 años, por un inteligente ortopedista, hasta la fecha, Stryker Corporation ofrece un arreglo de productos nicho que incluye taladros y sierras para hueso, camas de hospital, implantes de cadera y cámaras de video para cirugía interna.

La producción en serie de nuevos productos ha sido la fortaleza de Stryker. Mediante la operación de divisiones autónomas, cada una con personal de ventas altamente especializado, Stryker ha sabido cómo escuchar a sus clientes. Los vendedores de Stryker actúan *de facto* como equipo de investigación y desarrollo. La mayoría de las ideas de nuevos productos de la compañía provienen de los vendedores que trabajan directamente con cirujanos, a menudo al lado del médico en la sala de operaciones. Ahí observan al médico en acción, anotan sus comentarios y dan la

solución sobre cómo mejorar una sierra, un implante de cadera o una cama.

Por mencionar un caso, los cirujanos de ojos siempre se quejaban de que las camas carecían de flexibilidad en el nivel de la cabeza. Era difícil, decían, acomodar la cabeza del paciente. La gente de Stryker tomó nota y la empresa sacó una cama adecuada con un respaldo móvil para la cabeza.

Otro producto es la pequeñísima cámara de video de 18,000 dólares, que se usa dentro de un tubo largo que se inserta a través del abdomen para la cirugía de cálculos de la vesícula. Con ayuda de la cámara, el cirujano remueve rápidamente el cálculo mediante una incisión que toma sólo un minuto. En lugar de requerir una permanencia de una semana, el paciente sale el siguiente día. Estos productos y otros semejantes de las 12 divisiones de Stryker reflejan su continuo interés en bajar los costos del cuidado de la salud, al mismo tiempo que producir grandes ventas. El desarrollo efectivo de productos sigue siendo el elemento clave de la rentabilidad de Stryker.

Fuentes: *Forbes* (13 de mayo de 2002): 104-108; *Barron's* (7 de mayo de 2001): 43, y *The Wall Street Journal* (7 de julio de 1997): B10.

mejoras de productos. Aunque las empresas suelen incluir la lluvia de ideas en varias etapas del desarrollo de nuevos productos, enfocarse directa y decididamente en las nuevas oportunidades a menudo tiene sus recompensas, como se verá a continuación.

“Las compañías que tienen éxito en la actualidad... son las que más se acercan a las necesidades de sus clientes”.

Federal Reserve Board

1. *Entender al cliente* es el problema principal en el desarrollo de nuevos productos. Son los usuarios más que los productores, quienes conciben e incluso elaboran el prototipo de muchos productos comercialmente fuertes. Dichos productos tienden a ser desarrollados por “usuarios líder”, compañías, organizaciones o individuos que encabezan las tendencias del mercado cuyas necesidades se anticipan a las de los usuarios promedio.² El administrador de operaciones debe “sincronizarse” con el mercado y en particular con los usuarios líder. En el recuadro *AO en acción*, “las ideas de Stryker llegan de sus clientes” se analiza la forma en que Stryker se sincroniza para mantener el flujo de nuevas ideas.
2. El *cambio económico* trae el crecimiento de los niveles económicos en el largo plazo, pero en el corto plazo también cambian los ciclos económicos y los precios. Por ejemplo, en el largo plazo cada vez más personas pueden comprar un automóvil, aunque en el corto plazo una recesión quizá debilite su demanda.
3. El *cambio sociológico y demográfico* se refleja en factores como la disminución del tamaño de las familias. Esta tendencia altera el tamaño en las preferencias de casas, departamentos y automóviles.
4. El *cambio tecnológico* hace posible el acceso a computadoras portátiles, teléfonos celulares y corazones artificiales.
5. El *cambio político y jurídico* trae consigo nuevos acuerdos comerciales, de aranceles y requerimientos para contratos gubernamentales.
6. Otros cambios llegan a relacionarse con las *prácticas en el mercado, estándares profesionales, proveedores y distribuidores*.

Los administradores de operaciones deben estar conscientes de estos factores y ser capaces de anticipar los cambios en las oportunidades de un producto, los productos mismos, el volumen de productos y la mezcla de productos.

Importancia de los nuevos productos

No debe sobreestimarse la importancia de los nuevos productos. Como se muestra en la figura 3.2, las compañías líderes generan una porción sustancial de sus ventas con productos que tienen menos de cinco años en el mercado. Por este motivo Gillette desarrolló su nuevo rastrillo de tres navajas, sin importar que continuaba con altas ventas su exitoso rastrillo Sensor.

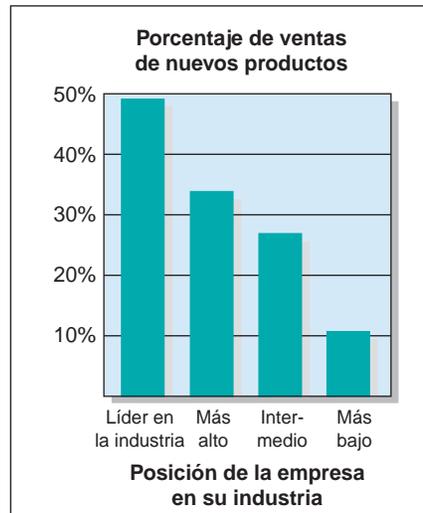
Más de 30% de las ventas anuales de Rubbermaid vienen de productos con menos de cinco años de antigüedad.

²Eric von Hippel, Stefan Thomke y Mary Sonnack, “Creating breakthroughs at 3M”, *Harvard Business Review* 71, núm. 5 (septiembre-octubre de 1999): 47-57.

FIGURA 3.2 ■

Porcentaje de ventas de productos introducidos en los últimos cinco años

Cuanto mayor es el porcentaje de ventas de productos introducidos en los últimos cinco años, mayores son las probabilidades de que la empresa llegue a ser líder.



A pesar de los constantes esfuerzos por introducir nuevos productos viables, muchos de ellos no tienen éxito. Sin duda, no fue fácil para General Mills sacar un ganador en el mercado de cereales para el desayuno, definido como un cereal que obtiene un limitado 1% del mercado. Entre las diez principales marcas de cereal, el más joven, Honey Nut Cheerios, fue creado en 1979.³ DuPont estima que son necesarias 250 ideas para lograr un producto *comercializable*.⁴

Como se observa, la selección, definición y diseño de productos ocurren con frecuencia, quizá cientos de veces por cada producto financieramente exitoso. Los administradores de operaciones y sus organizaciones deben estar dispuestos a aceptar el riesgo y tolerar los fracasos. Es necesario trabajar sobre un gran volumen de ideas de nuevos productos a la vez que mantener las actividades con las que ya se han comprometido.

Motorola diseñó 3,000 modelos que funcionaban antes de ofrecer al mercado su primer teléfono celular de bolsillo.

DESARROLLO DE PRODUCTOS

Sistema de desarrollo del producto

Una estrategia de producto efectiva vincula las decisiones de producto con flujo de efectivo, dinámica del mercado, ciclo de vida del producto y las capacidades de la organización. La empresa debe contar con el dinero para el desarrollo de producto, comprender los cambios constantes que ocurren en el mercado y disponer del talento y los recursos necesarios.⁵ En ocasiones, el sistema de desarrollo de productos determinará no sólo el éxito del producto, sino también el futuro de la empresa. En la figura 3.3 se muestran las etapas en el desarrollo del producto. En este sistema, las opciones de producto pasan por una serie de etapas, cada una con su propia proyección y criterio de evaluación que ofrece retroalimentación a las etapas anteriores.⁶

El proceso de selección se extiende a la función de operaciones. El desarrollo óptimo del producto depende, además, del apoyo de las otras partes de la empresa, de la integración satisfactoria de las 10 decisiones de AO, es decir, del diseño del producto al mantenimiento. La identificación de productos que parecieran tener posibilidades de captar una buena participación de mercado, ser eficientes en costos y redituables, aunque de hecho fueron muy difíciles de producir, llevaría al fracaso más que al triunfo.⁷

³Richard Gibson, "A Cereal Maker's Quest for the Next Grape-nuts", *The Wall Street Journal* (23 de enero de 1997): B1.

⁴Rosabeth Kanter, John Kao y Fred Wiersema, *Innovation Breakthrough Thinking at 3M, DuPont, GE, Pfizer, and Rubbermaid* (Nueva York, Harper-Business, 1997).

⁵Ming Ding y Jehosua Eliashberg, "Structuring the New Product Development Pipeline", *Management Science* 48, núm. 3 (marzo de 2002): 343-363.

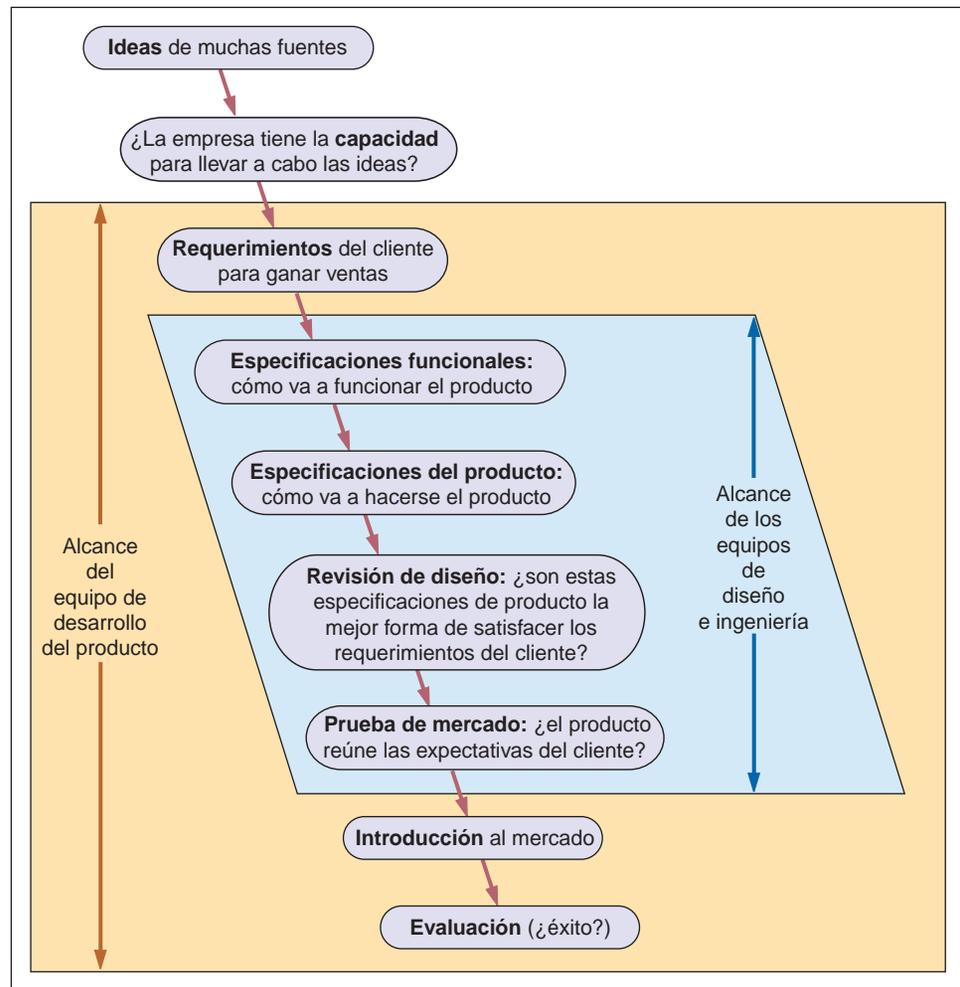
⁶Encontrará más información sobre estrategias de prueba en Stefan Thomke y David E. Bell, "Sequential Testing in Product Development", *Management Science* 47, núm. 2 (febrero de 2001): 308-323.

⁷Rohit Verma, Gary M. Thompson, William L. Moore y Jordan J. Louviere, "Effective Design of Products/Services: An Approach Based on Integration of Marketing and Operations Management Decisions", *Decision Sciences* 32, núm. 1 (invierno de 2001): 165-193.

FIGURA 3.3 ■

Etapas del desarrollo de productos

Los conceptos de producto se desarrollan a partir de diversas fuentes, tanto internas como externas a la empresa. Los conceptos que sobreviven la etapa de ideas de producto progresan a través de varias etapas, con revisiones, retroalimentación y evaluación casi continuas en un ambiente de alta participación con el fin de minimizar las fallas.



Despliegue de la función de calidad (DFC)

Proceso para determinar los requerimientos ("deseos") del cliente y traducirlos en atributos (el "cómo") que cada área funcional pueda entender para actuar.

Casa de la calidad

Parte del proceso de despliegue de la función de calidad que utiliza una matriz de planeación para relacionar los "deseos" del cliente con "cómo" la empresa va a cumplir tales "deseos".

Despliegue de la función de calidad (DFC)

El **despliegue de la función de calidad (DFC)** se refiere a **1.** determinar qué va a satisfacer al cliente y **2.** traducir los deseos del cliente en un diseño meta.⁸ La idea es captar un buen entendimiento de los deseos del cliente e identificar las soluciones de proceso alternativas. Después esta información se integra en el diseño del producto en evolución. El DFC se emplea en la etapa temprana del proceso de diseño con el fin de ayudar a determinar *qué satisfará al cliente y dónde destacar los esfuerzos de calidad.*

Una de las herramientas del DFC es la casa de la calidad. La **casa de la calidad** es una técnica gráfica para definir la relación entre los deseos del cliente y el producto (o servicio). Sólo definiendo esta relación en forma rigurosa los administradores de operaciones podrán construir productos y procesos con las características que desean los clientes. La definición de esta relación es el primer paso para construir un sistema de producción de clase mundial. Para construir la casa de la calidad deben ejecutarse seis pasos básicos:

1. Identificar lo que el cliente *desea*. (¿Qué quieren los clientes potenciales de este producto?)
2. Identificar *cómo* el producto/servicio va a satisfacer los deseos del cliente. (Identificar características, rasgos o atributos específicos del producto y mostrar cómo van a satisfacer los *deseos* del cliente).
3. Relacionar los *deseos* del cliente con los *cómo* del producto. (Construir una matriz, como la del ejemplo 1, que muestre esta relación).
4. Identificar la relación entre los *cómo* de la empresa. (¿Cómo se vinculan entre sí nuestros *cómo*? En el siguiente ejemplo existe una fuerte relación entre bajos requerimientos de electricidad y foco automático, exposición automática y avance automático de la película, porque todos ellos requieren electricidad. Esta relación se muestra en el "techo" de la casa en el ejemplo 1).

⁸Véase Yoji Akao, ed., *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design* (Cambridge, MA: Productivity Press, 1990).

5. Desarrollar clasificaciones de importancia. (Empleando las clasificaciones y pesos de importancia que da el *cliente* a las relaciones que se muestran en la matriz, se calcula *nuestra* calificación de importancia, como en el ejemplo 1).
6. Evaluar los productos de la competencia. (¿En qué medida los productos competidores cumplen los deseos del cliente? Esta evaluación, como se muestra en las dos columnas a la derecha de la figura del ejemplo 1, se basará en una investigación de mercado).

El ejemplo 1 muestra cómo construir la casa de la calidad.

Ejemplo 1

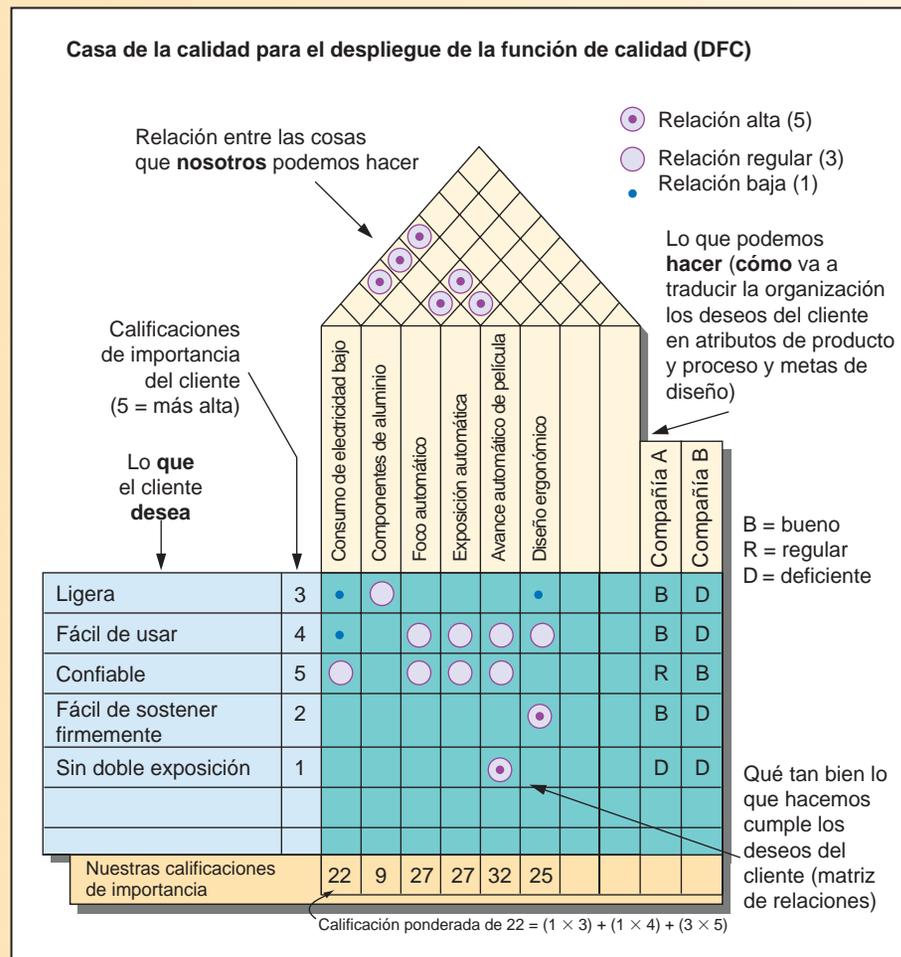
Primero, Great Cameras, Inc. determinó lo que el cliente *desea* a través de una amplia investigación de mercado. Los *deseos* se muestran a la izquierda de la casa de la calidad y son: ligera, fácil de usar, confiable, fácil de sostener firmemente y sin doble exposición. Segundo, el equipo de desarrollo del producto determinó *cómo* la organización traducirá los *deseos* del cliente en el diseño de producto y los atributos meta del proceso. Estos *cómo* se introducen en la parte superior de la casa de la calidad. Las características son consumo de electricidad bajo, componentes de aluminio, foco automático, exposición automática, avance automático de película y diseño ergonómico.

Tercero, el equipo del producto evaluó cada *deseo* del cliente contra los *cómo*. En la matriz de relaciones de la casa, el equipo evaluó qué tan bien su diseño cumplirá las necesidades del cliente. Cuarto, en el “techo” de la casa el equipo de desarrollo del producto estableció la relación entre los atributos.

Quinto, el equipo desarrolló la calificación de importancia para los atributos de su diseño en la línea inferior de la tabla. Hizo esto asignando valores (5 para alta, 3 para media y 1 para baja) a cada elemento de la matriz de relaciones y después multiplicando cada valor por la calificación de importancia del cliente. Los valores en el renglón de “nuestra calificación de importancia” proporcionan una clasificación para saber cómo proceder respecto al diseño del producto y del proceso, donde los valores más altos son los más críticos para que el producto tenga éxito.

Sexto, la casa de la calidad también se usa para evaluar a los competidores. ¿En qué grado los *competidores* cumplen la demanda del cliente? Las dos columnas de la derecha indican qué tanto los competidores satisfacen los deseos del cliente según la investigación de mercado (**B**ien, **R**egular, **D**eficiente). Por lo tanto, la compañía A hace un buen trabajo en cuanto “ligera”, “fácil de usar” y “fácil de sostener firmemente”, un trabajo regular respecto a “confiabilidad”, y deficiente en cuanto a “sin doble exposición”. La compañía B tiene un buen resultado en la “confiabilidad” pero deficiente en los otros atributos. Los productos de otras empresas e incluso el producto propuesto, pueden agregarse a la derecha de la compañía B.

El Software QFD Capture es una ayuda administrativa para dar prioridad a las opciones de mejores productos y servicios. Una versión gratuita de evaluación está disponible en www.qfdcapture.com.



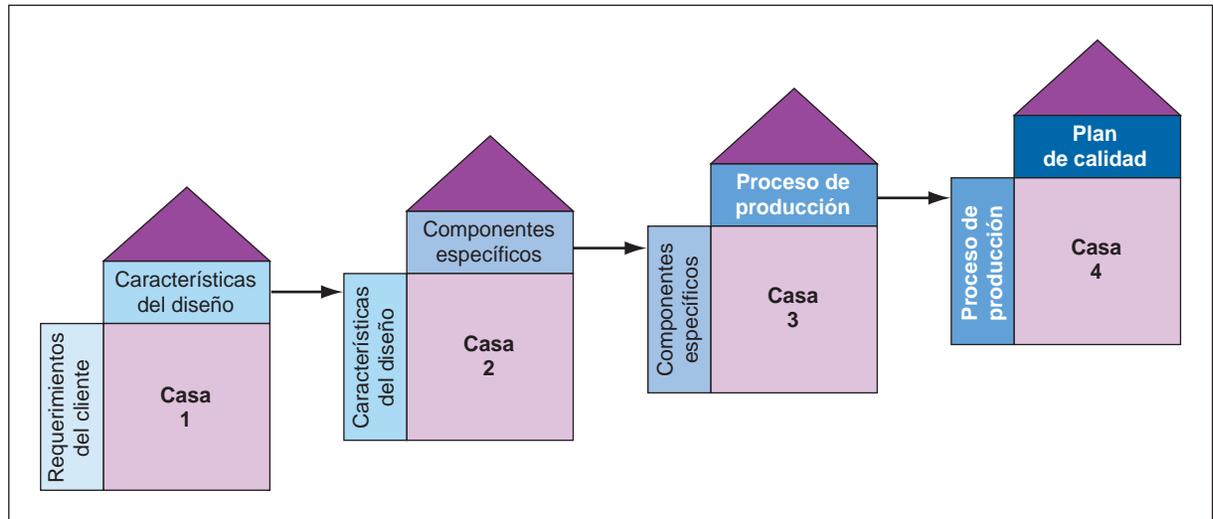


FIGURA 3.4 ■ La secuencia de casas de la calidad indica la forma de desplegar los recursos para satisfacer los requerimientos del cliente

Otro uso del despliegue de la función de calidad (DFC) es mostrar cómo se *desplegará* o asignará el esfuerzo de calidad. Como se muestra en la figura 3.4, las *características de diseño* de la casa 1 se convierten en la entrada de la casa 2, que se satisface mediante los *componentes específicos* del producto. De igual forma, el concepto se lleva a la casa 3, donde los componentes específicos se satisfacen con los *procesos de producción* particulares. Una vez que se definen, esos procesos de producción se convierten en los requerimientos de la casa 4 que se cumplirán mediante el *plan de calidad*, el cual asegurará el cumplimiento de dichos procesos. El plan de calidad es una serie de tolerancias, procedimientos, métodos y técnicas de muestreo que tienen como fin asegurar que el proceso de producción cumpla los requerimientos del cliente.

Gran cantidad de literatura y esfuerzo del DFC se dedican a cumplir los requerimientos del cliente con las características del diseño (casa 1 en la figura 3.4) y no debe subestimarse su importancia. No obstante, la *secuencia* de casas es una forma efectiva de identificar, comunicar y asignar recursos en todo sistema. La secuencia de casas ayuda a que los administradores de operaciones determinen dónde *desplegar* los recursos de calidad. De esta forma cumplimos los requerimientos del cliente, fabricamos productos de calidad y logramos pedidos.

Organización para el desarrollo de producto

El enfoque tradicional estadounidense para el desarrollo de producto considera una organización con distintos departamentos. Éstos son: primero, un departamento de investigación y desarrollo para realizar los estudios necesarios; después uno de ingeniería para diseñar el producto; luego un departamento de ingeniería de manufactura para diseñar un producto que se pueda producir, y por último un departamento de producción para fabricar el producto. La ventaja singular de este enfoque es que existen tareas y responsabilidades fijas. La desventaja clara es que carece de pensamiento hacia adelante: ¿cómo manejan los departamentos subsecuentes en el proceso los conceptos, ideas y diseños que se les presentan y, al final, qué opinará el cliente del producto? Un segundo y popular enfoque consiste en asignar un gerente de producto para que lo “impulse” a través del sistema de desarrollo de producto y con las organizaciones relacionadas. No obstante, un tercer enfoque, y quizá el mejor para el desarrollo de producto, que se emplea en Estados Unidos, parece ser el uso de equipos. A estos equipos se les conoce indistintamente como *equipos de desarrollo de producto*, *equipos de diseño para la manufacturabilidad* o *equipos de ingeniería de valor*.

Para eludir el problema de los equipos, los japoneses no subdividen a las organizaciones en departamentos de investigación y desarrollo, ingeniería, producción y otros. De acuerdo con el estilo japonés de esfuerzo grupal y de equipo de trabajo, todas estas actividades forman parte de una sola organización. La cultura y el estilo de administración japoneses son más colegiales y la organización menos estructurada que en la mayoría de los países de Occidente. Por ello los japoneses encuentran innecesaria la formación de equipos mientras se cuenta con la comunicación y coordinación necesarias. No obstante, el estilo occidental típico y la costumbre convencional es el uso de equipos.

Los **equipos de desarrollo de producto** tienen la responsabilidad de traducir los requerimientos del mercado de un producto en el logro del éxito para ese producto (observe de nuevo la figura 3.3). Estos equipos suelen incluir representantes de marketing, manufactura, compras, aseguramiento de la calidad y servicio en campo. Muchos equipos también incluyen representantes de los vendedores. Sin importar la

La excelencia de producto significa determinar qué desea el cliente y proporcionárselo.

Equipos de desarrollo de producto

Equipos encargados de moverse de la necesidad de un producto en el mercado al logro del éxito del producto.

Ingeniería concurrente

Uso de equipos participantes para las actividades de diseño e ingeniería.

Manufacturabilidad e ingeniería de valor

Actividades que ayudan a mejorar el diseño, la producción, el mantenimiento y el uso del producto.

naturaleza formal del esfuerzo de desarrollo de un producto, las investigaciones sugieren que el éxito es más probable en los ambientes abiertos y de alta participación donde se permite participar a quienes tienen contribuciones potenciales. El objetivo de un equipo de desarrollo de producto es hacer un éxito del bien o servicio. Esto incluye la posibilidad de comercializarlo, fabricarlo y darle servicio.

El uso de tales equipos también se denomina **ingeniería concurrente** e implica un equipo que representa a todas las áreas afectadas (conocido como *equipo interfuncional*). La ingeniería concurrente implica también agilizar el desarrollo del producto mediante la realización simultánea de varios aspectos del desarrollo de producto.⁹ El enfoque de equipos es la estructura dominante en el desarrollo de productos en las organizaciones líderes en Estados Unidos.¹⁰

Manufacturabilidad e ingeniería de valor

Las actividades de **manufacturabilidad e ingeniería de valor** se refieren a la mejora del diseño y especificaciones en las etapas de investigación, desarrollo, diseño y producción del producto. Además de la inmediata y evidente reducción del costo, el diseño para la manufacturabilidad y la ingeniería de valor pueden producir otros beneficios, entre ellos:

1. Reducción de la complejidad del producto.
2. Estandarización adicional de componentes.
3. Mejora de aspectos funcionales del producto.
4. Mejor diseño del trabajo y de la seguridad en el trabajo.
5. Mejor mantenimiento (posibilidad de dar servicio) de un producto.
6. Diseño robusto.

Las actividades de manufacturabilidad e ingeniería de valor son quizá la mejor técnica disponible de la administración de operaciones para evitar costos. Proporcionan mejoras en el valor al enfocarse en alcanzar las especificaciones funcionales necesarias para satisfacer los requerimientos del cliente de manera óptima. Los programas de ingeniería de valor, cuando su manejo es efectivo, suelen reducir entre 15 y 70% el costo sin reducir la calidad. Algunos estudios indican que por cada dólar invertido en ingeniería de valor es posible ahorrar entre 10 y 25 dólares.

El diseño del producto afecta prácticamente todos los aspectos del gasto de operación. En consecuencia, el proceso de desarrollo necesita asegurar la evaluación exhaustiva del diseño antes de comprometerse a producirlo. La reducción del costo que se logra en un soporte para montaje mediante la ingeniería de valor se muestra en la figura 3.5.

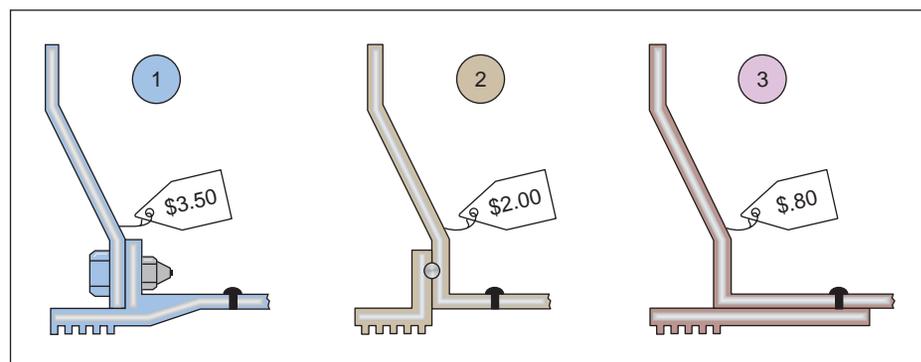
CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE PRODUCTOS

Además de desarrollar un sistema y una estructura organizacional efectivos para el desarrollo de producto, son importantes varias *técnicas* para diseñar el producto. A continuación repasaremos siete de ellas: **1.** diseño robusto; **2.** diseño modular; **3.** diseño asistido por computadora (CAD); **4.** manufactura asistida por computadora (CAM); **5.** tecnología de realidad virtual; **6.** análisis de valor, y **7.** diseños en armonía con el ambiente.

FIGURA 3.5 ■

Reducción del costo de un soporte con ingeniería de valor

Cada vez que se rediseña y simplifica el soporte, se produce por menos.



⁹Las empresas que tienen grandes cambios tecnológicos o de productos en sus ambientes competitivos tienden a aplicar más la ingeniería concurrente. Véase Xenophon Koufteros, Mark Vonderembse y William Doll, "Concurrent Engineering and its Consequences", *Journal of Operations Management* 19, núm. 1 (enero de 2001): 97-115.

¹⁰"Best Practices Survey 1994: Product Definition", *Target* 11, núm. 3 (mayo-junio de 1995): 22-24.

Diseño robusto

Diseño que se produce de acuerdo con los requerimientos, incluso en condiciones desfavorables en el proceso de producción.

Diseño robusto

El **diseño robusto** significa que el producto está diseñado para que pequeñas variaciones en la producción o el ensamble no tengan un efecto adverso en el producto. Por ejemplo, AT&T desarrolló un circuito integrado que se utiliza en muchos productos para amplificar las señales de voz. Según el diseño original, el circuito debía fabricarse con mucha precisión para evitar variaciones en la intensidad de la señal. La producción de dicho circuito habría sido muy costosa a causa de los estrictos controles de calidad necesarios durante el proceso de manufactura. Sin embargo, después de analizar y probar el diseño, los ingenieros de AT&T se dieron cuenta de que si se reducían las resistencias del circuito —un cambio menor sin costo asociado— el circuito sería mucho menos sensible a las variaciones de producción. El resultado fue una mejora de 40% en la calidad.

Diseño modular

Las partes o los componentes de un producto se subdividen en módulos que se intercambian o reemplazan con facilidad.

Diseño modular

Los productos diseñados por componentes fácilmente separables se conocen como **diseños modulares**. Los diseños modulares ofrecen flexibilidad a los departamentos de producción y marketing. El departamento de producción casi siempre encuentra útil el diseño modular porque facilita el desarrollo del producto, la producción y los cambios subsecuentes. Más aún, un producto modular sería del agrado del departamento de marketing porque agrega flexibilidad a la forma de satisfacer al cliente. Por ejemplo, casi todos los mejores estéreos de alta fidelidad se producen y venden de esta manera. La personalización que proporciona el diseño modular permite que los clientes combinen y reúnan partes de acuerdo con su propio gusto. Éste es el mismo enfoque que emplea Harley-Davidson, donde un número relativamente bajo de motores, tanques de gasolina, chasis y sistemas de suspensión se combinan para formar una gran cantidad de motocicletas distintas. Se estima que muchos fabricantes de automóviles, mediante la combinación de los módulos existentes, podrían nunca producir dos autos iguales. Este mismo concepto modular se aplica en muchas industrias, desde fabricantes de fuselajes hasta restaurantes de comida rápida. Airbus emplea los mismos módulos de ala en diversos aviones, igual que McDonald's y Burger King emplean relativamente pocos módulos (queso, lechuga, bollos, salsas, pepinillos, carne, papas fritas, etcétera) para hacer una variedad de comidas.

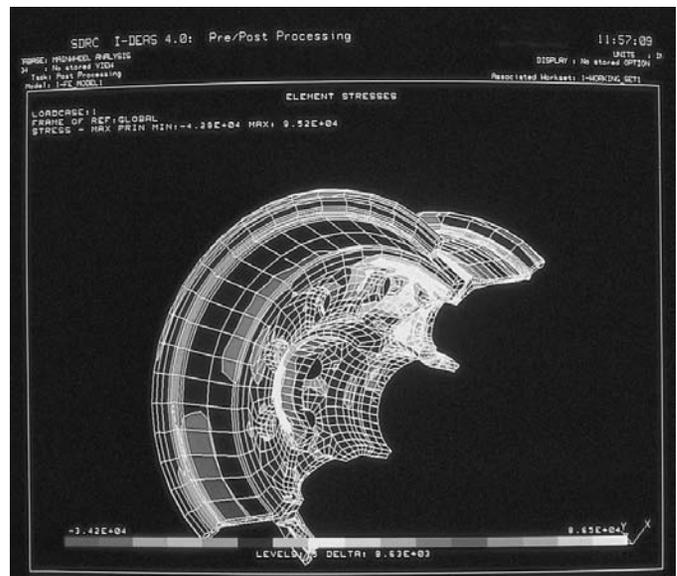
Diseño asistido por computadora (CAD)

Uso interactivo de una computadora para desarrollar y documentar un producto.

Diseño asistido por computadora (CAD)

El **diseño asistido por computadora (CAD, computer-aided design)** es el uso de computadoras para diseñar productos y preparar su documentación de ingeniería de manera interactiva. Si bien el uso y variedad de software de CAD es amplio, casi siempre se emplea para elaborar bocetos y dibujos tridimensionales. Sin embargo, su uso se ha extendido con rapidez. Los programas de CAD hacen posible que los diseñadores ahorren tiempo y dinero al acortar los ciclos de desarrollo para casi todos los productos. La velocidad y facilidad con la que CAD permite manipular, analizar y modificar los diseños complejos hacen posible la revisión de numerosas opciones antes de tomar una decisión final. Desarrollo más rápido,

Diseño asistido por computadora: Ingenieros y administradores de B. F. Goodrich usan el software de Structural Dynamics Research Corporation (SDRC) para modelar los ensambles de la llanta y el freno. Mediante el análisis de fatiga y de calentamiento, a menudo se evitan errores de diseño y producción costosos. Mientras que los errores que se encuentran en la etapa del diseño en una pantalla de CRT suelen arreglarse con un costo nominal, el costo es sustancial una vez que la producción comienza.



Diseño para la manufactura y el ensamble (DFMA)

Software que permite a los diseñadores observar el efecto del diseño en la fabricación de un producto.

Modelado de objetos en 3-D

Extensión de CAD para construir prototipos pequeños.

Estándar para el intercambio de datos de producto (STEP)

Proporciona un formato que permite la transmisión electrónica de datos tridimensionales.

Manufactura asistida por computadora (CAM)

Uso de la tecnología de la información para controlar maquinaria.

mejores productos, flujo preciso de información a otros departamentos, todo esto contribuye a una increíble recuperación de la inversión en CAD. La recuperación es en particular significativa porque la mayoría de los costos de un producto se determinan en la etapa de diseño.

Una extensión del CAD es el software de **diseño para la manufactura y el ensamble (DFMA, design for manufacture and assembly)**, que se enfoca en los efectos del diseño en el ensamble. Este software permite que los diseñadores examinen la integración de los diseños de producto antes de que el producto se fabrique. Por ejemplo, el DFMA hace posible que los diseñadores examinen cómo se colocará la transmisión en un automóvil en la línea de producción, aun cuando ambos, el auto y la transmisión, estén en la etapa de diseño.

Una segunda extensión de CAD es el **modelado de objetos en 3-D**. La tecnología es particularmente útil para el desarrollo de prototipos pequeños (como se muestra en la fotografía siguiente). La extensión de modelado construye con rapidez un modelo en capas muy delgadas de materiales sintéticos para su evaluación. Esta tecnología agiliza el desarrollo, puesto que evita un proceso más largo y formal de manufactura.

Algunos sistemas de CAD se han llevado a Internet a través del comercio electrónico, donde vinculan el diseño computarizado con compras, contratistas, manufactura y mantenimiento a largo plazo. Esta evolución apoya los rápidos cambios de producto y la creciente tendencia hacia la “personalización masiva”. Con CAD en Internet, los clientes entran a la biblioteca de diseño de los proveedores y hacen cambios en el diseño. Después, el software del proveedor generará los dibujos automáticamente, actualizará la lista de materiales y preparará las instrucciones para el proceso de producción del proveedor. El resultado es una producción más rápida y barata de productos personalizados.¹¹

Las tecnologías de CAD se basan en la información electrónica del diseño de productos en forma digital. Se ha comprobado que esta información digital es tan importante que se desarrolló un estándar para el intercambio, denominado **estándar para el intercambio de datos de producto (STEP, standard for the exchange of product data)**. El STEP permite que los fabricantes expresen la información de productos en 3-D en un formato estándar con el propósito de que pueda intercambiarse a escala internacional, haciendo posible que fabricantes dispersos geográficamente integren los procesos de diseño, manufactura y apoyo.¹²

Manufactura asistida por computadora (CAM)

La **manufactura asistida por computadora (CAM, computer-aided manufacturing)** se refiere al uso de programas de computadora especializados para dirigir y controlar equipos de producción. Cuando la información CAD se traduce en instrucciones para la manufactura asistida por computadora (CAM), el resultado de estas dos tecnologías es CAD/CAM.

Este prototipo del rin de una llanta de automóvil (a la izquierda de la fotografía) se construye con la tecnología de 3-D System's Sterolithography, un sistema para modelar en tres dimensiones. La tecnología emplea un rayo láser y construye las estructuras capa por capa en incrementos de .001 de pulgada. La técnica disminuye, de semanas a horas, el tiempo que toma realizar una muestra, a la vez que reduce los costos. Esta técnica también se conoce como prototipos rápidos.



¹¹Christopher M. Wright, “Collaborative Manufacturing Technology Ushers in a New era”, *APICS-The Performance Advantage* (marzo de 2002): 33-36.

¹²El formato STEP está documentado en la norma de la Comunidad Europea denominada ISO 10303.

AO EN ACCIÓN

Toyota acelera

Toyota pone el pie en el pedal. Con una compra de mil millones de dólares, el gigante japonés está comprando hardware, software y servicios que reducirán aún más el tiempo de diseño de nuevos automóviles. Para una compañía que ya diseña automóviles más rápido que todos en la industria, la maniobra es significativa. Con la reputación de ser la mejor compañía de automóviles del mundo, Toyota establece una marca difícil de superar.

Toyota busca modelar cada aspecto de la producción de autos, desde el estilo hasta las partes, pasando por la secuencia de ensamble y el diseño de la fábrica en sí. Las capacidades del software CAD/CAM permitirán que los diseñadores de Toyota colaboren entre sí y con los proveedores de diseño de todo el mundo. El nuevo software no sólo hace posible la prueba de diseños de partes y ensambles

para su "manufacturabilidad", sino también la prueba digital de la instalación de componentes conforme el auto avanza por la línea de ensamble. Por último, el sistema se utilizará para modelar digitalmente la fábrica completa, especificando cada paso del proceso de producción: qué herramientas, provisiones y partes se usan y dónde; cuántas personas se necesitan en cada punto de ensamble, y exactamente qué harán.

El software es el paquete 3D Product Life Cycle Management (PLM) de Dassault Systems S.A. Además del PLM el paquete incluye aplicaciones de apoyo para la colaboración en el diseño y para producción. El producto vinculará las 56 plantas de Toyota en 25 países y a sus 1,000 proveedores asociados.

Fuentes: *Information Week* (1 de abril de 2002): 16-18; *Wall Street Journal* (26 de marzo de 2002): B7; y *Asia Computer Weekly* (8 de abril de 2002): 1.

Procter & Gamble utilizó CAD para el diseño de su despachador de pasta dental Crest.

Los beneficios de CAD y CAM comprenden:

1. *Calidad en el producto.* El CAD le permite al diseñador investigar más alternativas, problemas y peligros potenciales.
2. *Menor tiempo de diseño.* Una etapa de diseño más breve reduce el costo y permite responder más rápido al mercado.
3. *Reducción del costo de producción.* La disminución del inventario, el uso más eficiente del personal mediante una programación mejorada, y la implantación más rápida de los cambios de diseño reducen los costos.
4. *Disponibilidad de una base de datos.* La consolidación precisa de los datos del producto para que todos trabajen con la misma información da como resultado reducciones drásticas del costo.
5. *Nuevo conjunto de capacidades.* Por ejemplo, la capacidad de rotar y describir objetos en tres dimensiones para verificar espacios de entrada, relacionar partes con aditamentos, mejorar el uso de máquinas herramienta de control numérico, todas ofrecen una nueva capacidad para la manufactura. CAD/CAM elimina una buena parte del trabajo de detalle, permitiendo que los diseñadores se concentren en los aspectos conceptuales e imaginativos de su tarea.

Muchos diseñadores, como Toyota Motor Corp., avanzan con la nueva generación de herramientas digitales, como se muestra en el recuadro *AO en acción*, "Toyota acelera".

Tecnología de realidad virtual

La **realidad virtual** es una forma de comunicación visual en la que las imágenes sustituyen las cosas reales, permitiendo al usuario responder en forma interactiva. Las raíces de la tecnología de la realidad virtual en las operaciones se encuentran en el diseño asistido por computadora. Una vez que la información del diseño se encuentra en un sistema CAD, también se encuentra en forma electrónica digital para otros usos. Por ejemplo, General Motors crea su versión de un "automóvil virtual" usando proyectores de video montados en el techo, para proyectar imágenes estereoscópicas en el piso de un pequeño cuarto vacío. Después de colocarse los anteojos especiales, tanto diseñadores como clientes observan un modelo tridimensional de cómo se vería el interior de un nuevo diseño. La realidad virtual también se está utilizando para desarrollar distribuciones en 3-D de cualquier cosa, desde restaurantes hasta parques de diversiones. Los cambios en el automóvil, restaurante o juegos se realizan en forma mucho más económica en su etapa de diseño de lo que costarían después.

Al igual que Toyota y GM, muchas empresas del mundo emplean actualmente estas tecnologías de diseño para agilizar el desarrollo de productos, reducir los costos y mejorar los productos.

Realidad virtual

Forma de comunicación visual en la cual las imágenes sustituyen la realidad y por lo general permite al usuario responder en forma interactiva.

Análisis de valor

Revisión de los productos exitosos que tiene lugar durante el proceso de producción.

Análisis de valor

Aun cuando la ingeniería de valor (que analizamos anteriormente) se enfoca en la mejora del diseño de *preproducción*, el análisis de valor, una técnica afín, tiene lugar *durante* el proceso de producción, cuando es claro el éxito de un nuevo producto. El **análisis de valor** busca mejoras que conduzcan a un mejor

producto o a la producción más económica del producto. Las técnicas y ventajas del análisis de valor son las mismas que las de ingeniería de valor, aunque su implantación llega a requerir algunos cambios menores, ya que el análisis de valor tiene lugar mientras el producto se fabrica.

Diseños en armonía con el ambiente

Una de las actividades del administrador de operaciones más acertadas en términos ambientales es la mejora de la productividad. La Tierra es finita: los administradores que le sacan más provecho a sus recursos son sus héroes. Los buenos administradores de operaciones son capaces de bajar los costos al mismo tiempo que preservan los recursos. DuPont, por ejemplo, diseña su película de poliéster más fuerte y delgada con el fin de usar menos material y que su producción cueste menos. Pero al mismo tiempo, como la película funciona mejor, los clientes están dispuestos a pagar más.¹³

La respuesta de Bristol-Meyers Squibb a los problemas ambientales, ha sido su programa de prevención de la contaminación denominado Environment 2000. Este programa atiende aspectos ambientales, de salud y seguridad en todas las etapas del ciclo de vida del producto. Ban Roll-On fue uno de los primeros productos estudiados. El reempaque de Ban en cajas de cartón más pequeñas dio como resultado el ahorro de 600 toneladas de cartoncillo reciclado. El producto requirió entonces 55% menos espacio de anaquel para su exhibición. Como resultado, no sólo previene la contaminación, sino también reduce los costos operativos de almacenamiento.

Equipos para el cuidado ambiental Una forma de establecer este tipo de programas consiste en agregar un gasto por concepto ambiental a los equipos de ingeniería de valor y análisis de valor. Con empleados de distintas áreas funcionales trabajando juntos, se atiende una amplia gama de cuestiones ambientales. Estos equipos deben considerar dos aspectos. Primero, deben observar el efecto de los diseños de producto desde una perspectiva de “sistemas”, es decir, ver el producto en términos de sus efectos en toda la economía. Por ejemplo, entre los contenedores de papel o de poliestireno, ¿cuál es realmente mejor y bajo qué criterio? Podemos saber cuál es más económico para la empresa, pero, ¿es también el más económico para la sociedad? Segundo, los equipos deben considerar el ciclo de vida del producto, desde la materia prima hasta la instalación, uso y desecho. La meta es disminuir el efecto ambiental del producto a lo largo de su vida, pero la tarea es un verdadero reto.¹⁴ Las metas de una estrategia de este tipo incluyen:

1. Desarrollar productos seguros y correctos en términos ambientales.
2. Minimizar el desperdicio de materias primas y energía.
3. Diferenciar a los productos de los de la competencia.
4. Reducir la responsabilidad ambiental.
5. Incrementar la efectividad en costos como resultado de cumplir las normas ambientales.
6. Lograr el reconocimiento como buenos ciudadanos corporativos.

La empresa alemana de automóviles BMW ha atendido con éxito la etapa de declinación en el ciclo de vida siendo cuidadosa del ambiente en la etapa de diseño; sus diseños actuales incluyen componentes de plástico reciclable, como los que muestra la fotografía de la siguiente página. Su esfuerzo es congruente con los aspectos ambientales que destaca la norma ISO 14000.

Manufactura verde

Sensibilidad ante una gran variedad de aspectos ambientales en los procesos de producción.

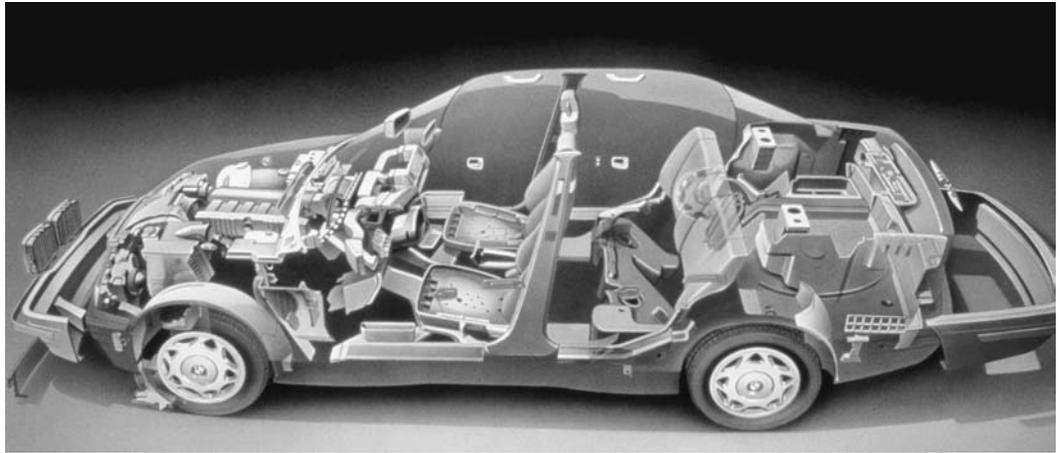
Manufactura verde El concepto de **manufactura verde** —es decir, hacer productos válidos en términos ambientales a través de procesos eficientes— llega a ser buen negocio.¹⁵ Las compañías muestran de varias maneras su sensibilidad por la manufactura verde en el diseño de productos y procesos:

1. *Hacer productos reciclables.* Alemania, uno de los países líder del “movimiento verde”, ha aprobado una norma de empaque que exige a las cervecerías que usen envases rellenables.
2. *Usar materiales reciclados.* En 3-M las fibras con jabón Scotch-Brite, están diseñadas para utilizar plásticos reciclados, como lo están las bancas del parque y otros productos en Plastic Recycling Corporation.
3. *Emplear ingredientes menos dañinos.* Standard Register, como la mayoría de las industrias de impresión, ha reemplazado las tintas peligrosas para el ambiente por tintas elaboradas con frijol de soya, que disminuyen la contaminación del aire y del agua.

¹³A. B. Lovins, L. H. Lovins y P. Hawken, “A Road Map for Natural Capitalism”, *Harvard Business Review* 77, núm. 3 (mayo-junio de 1999): 153.

¹⁴Chialen Chen en “Design for the Environment: A Quality-Based Model for Green Product Development” (*Management Science* 47, núm 2 [febrero de 2001]: 250-263) sugiere que “...el desarrollo de productos verdes y normas ambientales más estrictas no necesariamente beneficiarán al ambiente”.

¹⁵Un artículo sobre la percepción de la administración acerca de “manufactura ambientalmente responsable” se encuentra en Steven A. Melnyk, Robert Sroufe y Frank Montabon, “How does Management View Environmentally Responsible Manufacturing?” *Production and Inventory Management Journal* 42, núms. 3 y 4 (tercer y cuarto trimestres de 2001): 55-63.



BMW utiliza partes hechas con plásticos reciclados (negro) y partes que pueden reciclarse (gris o claro). “Manufactura verde” significa que las compañías pueden volver a usar, renovar o desechar componentes de un producto de manera segura y reducir los costos totales del ciclo de vida del producto.

4. *Emplear componentes más ligeros.* La industria automotriz emplea cada vez más componentes de aluminio y plástico para reducir el peso. Si bien este cambio de materiales resulta costoso, hace que los automóviles dañen menos el ambiente al incrementar el rendimiento en kilómetros por litro de gasolina.
5. *Usar menos energía.* Mientras la industria automotriz rediseña sus autos para que rindan más kilometraje, General Electric rediseña una nueva generación de refrigeradores que necesitan mucha menos electricidad durante su tiempo de vida. DuPont es tan buena en el uso eficiente de la energía, que ha convertido su experiencia en un negocio de consultoría.
6. *Utilizar menos material.* La mayoría de las industrias desperdician material, en la planta y en el empaque. Un equipo de empleados en una planta de semiconductores de Sony logró reducir 50% la cantidad de químicos empleada en el proceso de grabado de tarjetas. Estos éxitos y otros semejantes, disminuyen tanto los costos de producción como las preocupaciones por el ambiente. Para evitar los empaques, el hotel Boston’s Park Plaza eliminó las barras de jabón y los frascos de champú e instaló dispositivos despachadores en sus baños. Esto ahorró la necesidad de 1 millón de contenedores de plástico al año.

El público aprecia la manufactura verde que ahorra dinero y materiales, a la vez que preserva el ambiente en que vivimos. Éstas son las situaciones de ganar-ganar que buscan los administradores de operaciones.

COMPETENCIA BASADA EN EL TIEMPO

En la medida en que se acortan los ciclos de vida del producto, aumenta la necesidad de un desarrollo de producto más rápido. Además, conforme aumenta la sofisticación tecnológica de los nuevos productos, aumentan el gasto y el riesgo. Por ejemplo, las empresas farmacéuticas invierten un promedio de 12 a 15 años y 400 millones de dólares antes de recibir la aprobación regulatoria de cada nuevo medicamento. Incluso entonces, 1 de 5 productos realmente tendrá éxito.¹⁶ Los administradores de operaciones que dominan el arte del desarrollo de producto superan casi siempre a los que los desarrollan con más lentitud. En la rapidez está la ventaja competitiva. A este concepto se le denomina **competencia basada en el tiempo**.

A menudo, la primera compañía en fabricar un producto comienza a usarlo en una variedad de aplicaciones que le generarán ventas durante años. Puede llegar a convertirse en el “estándar”. En consecuencia, suele haber más preocupación por sacar los productos al mercado que por un diseño óptimo de producto o por la eficiencia del proceso. Aun así, la rápida introducción al mercado suele significar una buena administración, puesto que hasta el momento en que la competencia empiece a introducir copias o versiones mejoradas, el producto a veces logra un precio suficientemente alto, como para justificar las ineficiencias de los diseños de producción y métodos. Por ejemplo, cuando Kodak introdujo por vez primera su película Ektar, se vendía 10 o 15% más cara que la película convencional. El innovador teléfono celular de bolsillo de Motorola era 50% más pequeño que los de la competencia y su precio era dos veces mayor.

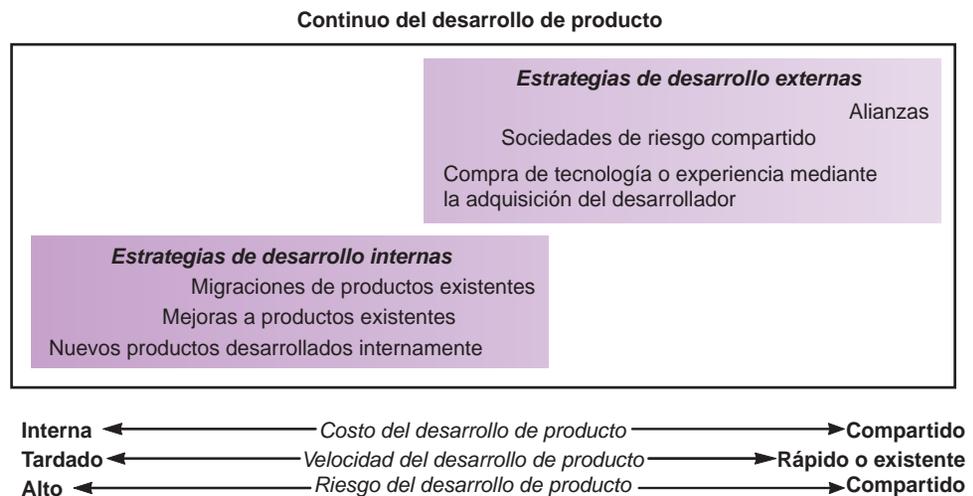
Competencia basada en el tiempo

Competencia que consiste en desarrollar productos e introducirlos al mercado con rapidez.

¹⁶ *The Emerging BioEconomy* (Washington, DC: New Economy Strategies, Inc., abril de 2002): 9.

FIGURA 3.6 ■

Continuo del desarrollo de producto



Gran parte del campo de batalla actual de la competencia se centra en la velocidad con que llega el producto al mercado. Cuando una organización pierde en este campo es muy difícil compensar en otras áreas. El presidente de una enorme empresa estadounidense dice: “si pierdo un ciclo de producto estoy muerto”.

Como la competencia con base en el tiempo es tan importante, en lugar de desarrollar nuevos productos desde su boceto (lo que hasta ahora ha sido el objeto de este capítulo), también existen en algunas otras estrategias. La figura 3.6 nos muestra un *continuo* que va de nuevos productos desarrollados internamente (lado inferior izquierdo) a las “alianzas”. Las *mejoras* y las *migraciones* emplean para la innovación las fortalezas del producto existente en la organización, por lo cual son casi siempre más rápidas, a la vez que conllevan menos riesgos que el desarrollo de productos completamente nuevos. Las mejoras incluyen cambios mínimos en color, tamaño, peso o características como las que presentan los teléfonos celulares, o incluso cambios en los aviones comerciales. El enfoque de Boeing para mejorar los 737 se describe en el recuadro *AO en acción*. Boeing también emplea su habilidad en ingeniería para *migrar* de un modelo al siguiente, como lo hizo cuando pasó del 757 al 767 y de éste al 777. Estos enfoques han permitido que Boeing acelere el desarrollo y al mismo tiempo reduzca el costo y el riesgo que implican los nuevos diseños.

Las estrategias de desarrollo de producto en la parte inferior izquierda de la figura 3.6 son estrategias de desarrollo internas, mientras que los tres enfoques que introducimos ahora se piensan como estrategias de desarrollo externas. Las empresas emplean ambas estrategias. Las estrategias externas son: **1.** compra de tecnología; **2.** establecimiento de sociedades de riesgo compartido, y **3.** desarrollo de alianzas.

AO EN ACCIÓN

Mejoras al ciclo de vida del Boeing 737

Muchas empresas se han dado cuenta de que han ampliado el ciclo de vida de sus productos al mejorarlos. De esta forma prolongan los flujos de ingresos y generan utilidades adicionales. Una de las multinacionales que hace esto con éxito es Boeing. Sus productos clave incluyen los Boeing 737, 747, 757, 767 y 777.

Boeing sacó su primer 737 en 1967. El avión se vendió bien por varios años; muchas transportadoras compraron para empezar 20 o 30 al mismo tiempo. No obstante, a mediados de la década de los 70 comenzó a perder terreno. Boeing se percató de que el ciclo de vida del 737 estaba acabando y se preparaba para concluir su producción. Sin embargo, decidió tomar una última medida comercializando el avión entre las aerolíneas de los países en desarrollo. En lugar de intentar vender 20 aviones de una sola vez a KLM o United, Boeing procuró vender 1 o 2 a la vez a las pequeñas aerolíneas en los países de África, América del Sur y otras regiones en desarrollo.

Boeing primero se dio cuenta de que debía hacer algunas modificaciones al 737 básico con el fin de ajustarse mejor a las condiciones locales. Por ejemplo, los pilotos en los países en desarrollo no tenían tanta destreza como los pilotos occidentales y tendían a “rebotar” más durante el aterrizaje. En consecuencia, Boeing rediseñó el sistema de aterrizaje para soportar mejor las condiciones extremas.

El plan de mejoras fue un gran éxito. Boeing vendió suficientes 737 aun en pequeñas cantidades, como para justificar la producción del avión. Y en la medida en que las pequeñas aerolíneas comenzaron a crecer, continuaron comprando aviones 737, y en un afán de mejorar accedieron a las nuevas aeronaves Boeing más grandes. De manera sorprendente, los pedidos nacionales también siguieron llegando de aerolíneas como Southwest, la cual emplea de manera exclusiva los 737. Como resultado, Boeing sigue produciendo el 737, el cual hace poco se convirtió en el avión comercial más vendido en la historia.

Fuentes: *Forbes* (13 de mayo de 2002): 82-86 y *Aircraft Value News* (18 de enero de 1999): 1.

Compra de tecnología mediante la adquisición de una empresa

Microsoft y Cisco Systems son ejemplo de compañías con tecnología de punta que a menudo aceleran el desarrollo mediante la *adquisición de compañías emprendedoras* que han desarrollado la tecnología necesaria para su misión. El problema se convierte en ajustar la organización comprada, la tecnología y sus líneas de producción a la empresa que la adquiere, y no en desarrollar un producto.

Sociedades de riesgo compartido

Las **sociedades de riesgo compartido** son propiedad combinada, normalmente entre dos empresas, para formar una nueva entidad. La propiedad se divide en partes iguales, o un propietario puede tener una porción mayor con la finalidad de asegurar un control más estrecho. Las sociedades de riesgo compartido suelen ser apropiadas para explotar oportunidades de producto específicas, que quizá no sean centrales para la misión de la empresa. Estas sociedades tienen mayores probabilidades de funcionar cuando se conocen los riesgos y se comparten de manera equitativa. Por ejemplo, GM y Toyota formaron una sociedad de riesgo compartido con su planta NUMMI, en el norte de California, para producir el Prism de GM y el Corolla de Toyota. Ambas empresas vieron una oportunidad de aprendizaje, así como un producto que ambas necesitaban en el mercado de Estados Unidos. Toyota deseaba aprender sobre la construcción y administración de una planta en ese país y GM deseaba aprender acerca de la fabricación de automóviles pequeños con las técnicas de manufactura de Toyota. Los riesgos estaban bien entendidos, así como los compromisos respectivos. De manera semejante, Fuji-Xerox, fabricante y comercializadora de fotocopiadoras, es una sociedad de riesgo compartido de Xerox, productora estadounidense de fotocopiadoras, y Fuji, la productora más grande de cinta de películas en Japón.

Alianzas

Las **alianzas** son acuerdos de cooperación que permiten a las empresas mantenerse independientes, pero que usan sus fortalezas complementarias para buscar estrategias congruentes con sus misiones individuales. Cuando los nuevos productos son centrales para la misión, pero requieren recursos considerables y existe un riesgo sustancial, entonces las alianzas serían una buena estrategia para el desarrollo de productos. Las alianzas son benéficas en particular cuando las tecnologías de los productos por desarrollar también están en gestación. Además, llegan a convertirse en la mejor estrategia cuando los límites de las empresas son difíciles de especificar. Por ejemplo, Microsoft está buscando una serie de alianzas con varias compañías para manejar la convergencia entre computación, Internet y la transmisión televisiva. En este caso, las alianzas son apropiadas porque el desconocimiento tecnológico, las demandas de capital y los riesgos son significativos. De igual forma, tres empresas, DaimlerChrysler, Ford Motor y Ballard Power Systems, han formado una alianza para desarrollar automóviles “verdes” que empleen celdas de energía para 2004.¹⁷ No obstante, las alianzas son mucho más difíciles de lograr y sostener que las sociedades de riesgo compartido por las ambigüedades asociadas con ellas. Quizá resulte de utilidad pensar en las alianzas como contratos incompletos entre empresas. Las empresas permanecen separadas.

Las mejoras, migraciones, adquisiciones, sociedades de riesgo compartido y alianzas son estrategias para acelerar el desarrollo de productos. Además, suelen reducir los riesgos asociados con el desarrollo de productos al mismo tiempo que mejoran los recursos humanos y de capital disponibles.

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Una vez seleccionados los bienes o servicios para su introducción, deben definirse. Primero, un bien o servicio se define en términos de sus *funciones*, es decir, qué debe *hacer*. Después, se diseña el producto y la empresa determina de qué forma se van a lograr las funciones. Lo normal es que la administración cuente con varias opciones sobre cómo debe lograr el producto su propósito funcional. Por ejemplo, cuando se fabrica un reloj despertador, aspectos como el color, tamaño o ubicación de los botones significan diferencias sustanciales en la facilidad de producción, calidad y aceptación en el mercado.

Las especificaciones rigurosas del producto son necesarias para asegurar una producción eficiente. No es posible determinar el equipo, la disposición ni los recursos humanos hasta que el producto se define, diseña y documenta. Por lo tanto cada organización necesita documentos para definir sus productos. Esto es cierto para todo, paté, queso, computadoras o procedimientos médicos. En el caso del queso la especificación por escrito es lo común. Sin duda, las especificaciones escritas o los grados estándar existen y proporcionan las definiciones de muchos productos. Por ejemplo, el queso Monterey Jack cuenta con una descripción por escrito que especifica las características necesarias para cada grado del Departamento de Agricultura estadounidense. En la figura 3.7, se muestra un fragmento del grado del Departamento

¹⁷Jeffrey Ball, “Auto Makers are Racing to Market ‘Green’ Cars Powered by Fuel Cells”, *Wall Street Journal* (15 de marzo de 1999): A1-A8.

Sociedades de riesgo compartido

Empresas que establecen una propiedad conjunta para buscar nuevos productos o mercados.

Alianzas

Acuerdos de cooperación que permiten a las empresas permanecer independientes, pero que buscan estrategias congruentes con sus misiones individuales.

Las mejoras, migraciones, compras y alianzas son estrategias para acelerar el desarrollo de productos y reducir el riesgo.

FIGURA 3.7 ■

Monterey Jack

Se muestra un fragmento de los requisitos generales para los grados estadounidenses del queso Monterey.

§ 58.2469 Especificaciones para los grados U.S. del queso Monterey (Monterey Jack)

(a) El queso Monterey grado A debe reunir en Estados Unidos los siguientes requisitos:

(1) *Sabor.* Es fino y altamente placentero, libre de sabores y olores indeseables. Puede tener un sabor ácido o lechoso muy ligero.

(2) *Cuerpo y textura.* La consistencia del queso debe ser razonablemente firme. Debe tener numerosas pequeñas aberturas mecánicas distribuidas de manera uniforme. No debe presentar agujeros de dulce, de levadura u otros agujeros de gases.

(3) *Color.* Debe tener una apariencia natural, uniforme, brillante y atractiva.

(4) *Acabado y apariencia, envuelto y cubierto con parafina.* La corteza debe ser firme, completa y suave, que brinde una buena protección al queso.

Código de Regulación Federal, Partes 53 a 109, revisado el 1 de enero de 1985, General Service Administration.

de Agricultura para el Monterey Jack grado AA. De manera parecida, McDonald’s Corp. tiene 60 especificaciones para las papas que se usan en las papas a la francesa.

Dibujo de ingeniería

Dibujo que muestra las dimensiones, tolerancias, materiales y acabados de un componente.

La mayoría de los artículos manufacturados así como sus componentes se definen con un dibujo, que generalmente se conoce como un dibujo de ingeniería. Un **dibujo de ingeniería** muestra las dimensiones, tolerancias, materiales y acabados del componente. Este dibujo debe ser un elemento de la lista de materiales (o explosión de materiales). La figura 3.8 muestra un dibujo de ingeniería. La **lista de materiales (LDM)** enumera los componentes, su descripción y la cantidad de cada uno necesaria para hacer una unidad de un producto. La figura 3.9a muestra una lista de materiales para un artículo manufacturado. Observe que los subensambles y los componentes (artículos en el nivel inferior) tienen sangría en cada nivel para indicar su posición subordinada. Un dibujo de ingeniería muestra cómo hacer un artículo en la lista de materiales.

Lista de materiales (LDM)

Lista de los componentes, su descripción y la cantidad de cada uno requerida para hacer una unidad de un producto.

En la industria del servicio de alimentos, las listas de materiales tienen el formato de *estándares para el control de porciones*. El estándar para el control de porciones de la hamburguesa con queso y tocino BBQ en Hard Rock Cafe se muestra en la figura 3.9b. En un producto más complejo, una lista de materiales alude a otras listas de materiales de las que forma parte. De esta manera, las subunidades (subensambles) son parte de la siguiente unidad superior (su lista de materiales padre) que por último forma un producto final. Además de estar definidos mediante especificaciones escritas, listas de materiales o documentos de control de porciones, los productos se definen de otras formas. Por ejemplo, productos como los químicos, pinturas y petróleos se definen mediante fórmulas o proporciones que describen cómo deben hacerse. Las películas se definen con libretos y las coberturas de seguros con documentos legales llamados pólizas.

Decisiones de hacer o comprar

Decisión de hacer o comprar

Elección entre producir un componente o servicio, o comprarlo a una fuente externa.

Para muchos componentes o productos, las empresas tienen la opción de producirlos ellas mismas o de comprarlos a fuentes externas. La elección de estas opciones se denomina decisión de hacer o comprar. La **decisión de hacer o comprar** distingue entre lo que la empresa desea *producir* y lo que desea *comprar*. A causa de las variaciones en la calidad, costo y programas de entrega, la decisión de hacer o comprar resulta crucial para la definición del producto. Muchos artículos pueden comprarse como un “artículo estándar” producido por alguien más. Dicho artículo estándar no requiere su propia lista de materiales o di-

FIGURA 3.8 ■

Dibujos de ingeniería como éste, muestran dimensiones, tolerancias, materiales y acabados.

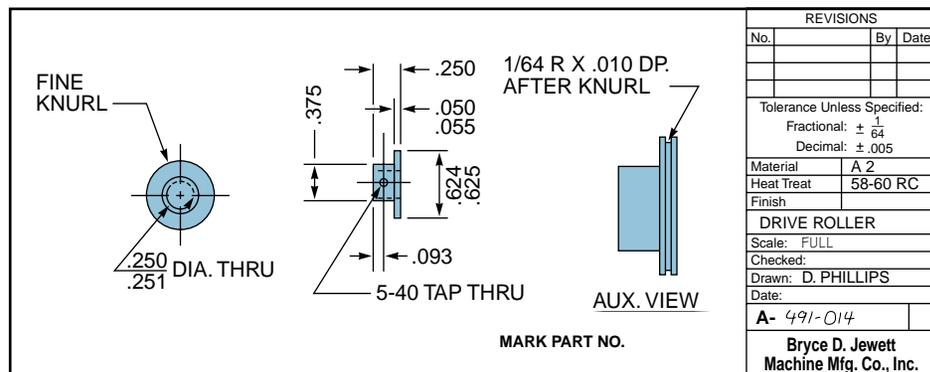


FIGURA 3.9 ■

Las listas de materiales toman distintas formas en *a)* una planta de manufactura y *b)* un restaurante, pero en ambos casos el producto debe definirse

| (a) Lista de materiales para la soldadura de un panel | | | (b) Hamburguesa con queso y tocino Hickory BBQ en Hard Rock Cafe | |
|---|----------------------------|-------|--|-------------|
| NÚMERO | DESCRIPCIÓN | CANT. | DESCRIPCIÓN | CANT. |
| A 60-71 | SOLDADURA DEL PANEL | 1 | Pan para hamburguesa | 1 |
| A 60-7 | ENSAMBLE INFERIOR | 1 | Carne | 8 onzas |
| R 60-17 | DEL EJE | 1 | Queso cheddar | 2 rebanadas |
| R 60-428 | SEGURO | 1 | Tocino | 2 tiras |
| P 60-2 | TUERCA DE SEGURIDAD | 1 | Cebollas BBQ | 1/2 taza |
| | | | Salsa Hickory BBQ | 1 onza |
| A 60-72 | ENSAMBLE DE GUÍA TRASERO | 1 | Compl. de hamburguesa | |
| R 60-57-1 | ÁNGULO DE SOPORTE | 1 | Lechuga | 1 hoja |
| A 60-4 | ENSAMBLE DEL EJE | 1 | Jitomate | 1 rebanada |
| 02-50-1150 | TORNILLO | 1 | Cebolla morada | 4 aros |
| | | | Pepinillos | 1 rebanada |
| A 60-73 | ENSAMBLE DE GUÍA DELANTERO | 1 | Papas a la francesa | 5 onzas |
| A 60-74 | SOLDADURA DE SOPORTE | 1 | Sal sazónada | 1 cucharada |
| R 60-99 | PLATO DE SOPORTE | 1 | Plato de 11 pulgadas | 1 |
| 02-50-1150 | TORNILLO | 1 | Bandera HRC 1 | 1 |

bujo de ingeniería porque su especificación como producto estándar es adecuada. Ejemplos de ello son los tornillos estándar enumerados en la lista de materiales que muestra la figura 3.9a, los cuales tendrán las especificaciones de SAE (Society of Automotive Engineers). Por lo tanto, generalmente no hay necesidad de que la empresa duplique estas especificaciones en otro documento.

Tecnología de grupos

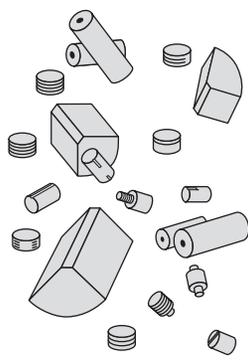
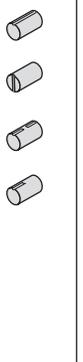
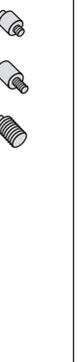
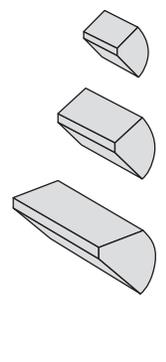
Tecnología de grupos

Sistema de codificación de productos y componentes que especifica los tipos y parámetros de procesamiento; permite agrupar productos similares.

Los dibujos de ingeniería también incluyen códigos para facilitar la tecnología de grupos. La **tecnología de grupos** requiere que los componentes se identifiquen mediante un esquema de códigos que especifica el tipo de procesamiento (como perforado) y los parámetros del procesamiento (como tamaño). Esto facilita la estandarización de materiales, componentes y procesos, así como la identificación de familias de partes. Al identificar familias de partes, las actividades y máquinas pueden agruparse para minimizar las preparaciones, las rutas y el manejo de material. Un ejemplo de cómo se agrupan las familias de partes se muestra en la figura 3.10. La tecnología de grupos proporciona una manera sistemática de revisar una familia de componentes para observar si un componente que ya existe servirá para un nuevo proyecto. El uso de componentes existentes o estándar elimina todos los costos relacionados con el diseño y el

FIGURA 3.10 ■

Una variedad de esquemas de codificación para tecnología de grupos permite que componentes manufacturados pasen de ser *a)* partes desagrupadas a *b)* conjuntos agrupados (familias de partes)

| (a) Partes desagrupadas | (b) Partes cilíndricas agrupadas (familias de partes) | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| | Con muesca | Con ranura | Con cuerda | Con perforación | Maquinadas |
|  |  |  |  |  |  |

Cada año las instalaciones para el procesamiento de papas de JR Simplot, en Caldwell, Idaho, producen miles de millones de papas a la francesa para McDonald's. Sesenta especificaciones definen cómo se convierten estas papas en papas fritas. Las especificaciones, por ejemplo, requieren una mezcla especial de aceite para freír, un proceso de cocimiento al vapor único, tiempo y temperatura exactas de prefrío y secado. El producto se define aún más al requerir que 40% de todas las papas a la francesa tengan entre 2 y 3 pulgadas de largo. Otro 40% debe tener más de 3 pulgadas de largo. Unas cuantas fragmentadas pueden constituir el 20% restante.



desarrollo de una nueva parte, que es una reducción importante del costo. Por estos motivos, la implantación exitosa de la tecnología de grupos trae consigo las siguientes ventajas:

1. Mejor diseño (puesto que se dedica más tiempo de diseño a menos componentes).
2. Disminución de materias primas y compras.
3. Simplificación de la planeación y control de la producción.
4. Mejor distribución de planta, rutas y carga de máquinas.
5. Reducción del tiempo de preparación de herramientas y del tiempo de trabajo en proceso y de producción.

La aplicación de la tecnología de grupos ayuda a toda la organización, puesto que se reducen muchos costos.

Dibujo de ensamble

Vista explosionada de un producto, usualmente con un dibujo en tres dimensiones o isométrico.

Gráfica de ensamble

Manera gráfica de identificar la forma en que fluyen los componentes para formar los subensambles y por último el producto final.

DOCUMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN

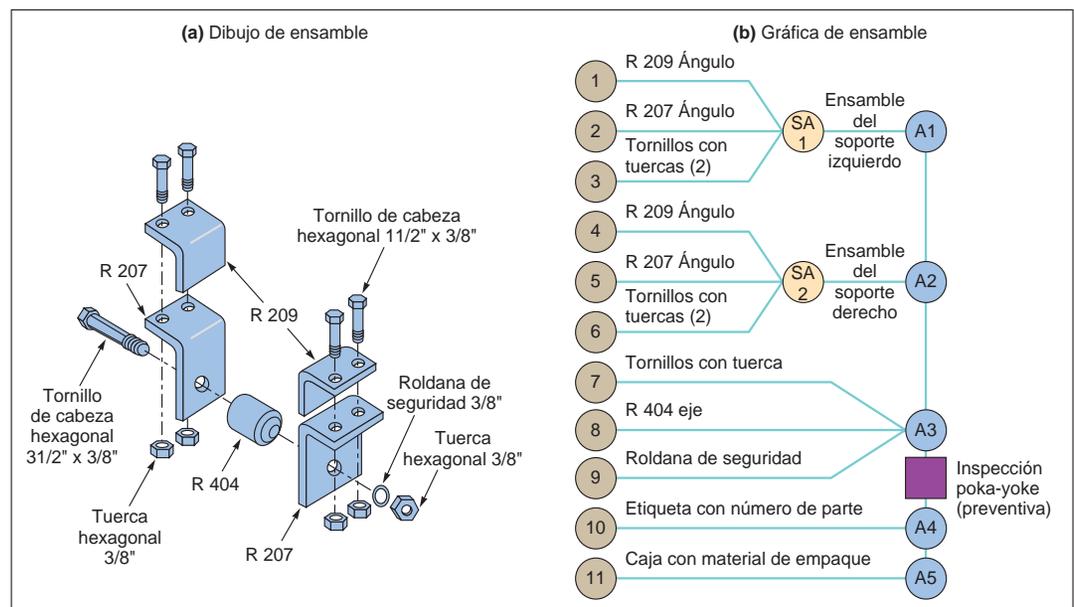
Una vez que se selecciona y diseña el producto, su producción está apoyada por varios documentos. Revisaremos algunos de ellos en forma breve.

Un **dibujo de ensamble** muestra simplemente una vista del producto explosionado. Este tipo de dibujo suele ser tridimensional y se conoce como *dibujo isométrico*; las ubicaciones relativas de los componentes se dibujan relacionando unas con otras para mostrar la forma en que se ensambla la unidad (véase la figura 3.11a).

La **gráfica de ensamble** muestra en forma esquemática cómo se ensambla el producto. La gráfica de ensamble muestra componentes fabricados, componentes comprados o una combinación de ambos. La gráfica de ensamble identifica el punto en la producción en el que los componentes fluyen a los subensambles y por último al producto final. Un ejemplo de gráfica de ensamble se muestra en la figura 3.11b.

FIGURA 3.11 ■

Dibujo de ensamble y gráfica de ensamble



Hoja de ruta

Lista de las operaciones necesarias para producir componentes con los materiales especificados en la lista de materiales.

Orden de trabajo

Instrucción de hacer una cantidad dada de un artículo particular, usualmente de acuerdo con un programa dado.

Notificación de cambio de ingeniería (NCI)

Corrección o modificación de un dibujo de ingeniería o de una lista de material.

Administración de la configuración

Sistema mediante el cual se identifican con precisión los componentes planeados de un producto y los componentes que se cambian, y para los cuales se mantiene un control y la responsabilidad del cambio.

La **hoja de ruta** enumera las operaciones (incluyendo ensamble e inspección) necesarias para producir el componente con los materiales especificados en la lista de materiales. La hoja de ruta para un artículo tendrá una entrada por cada operación que debe realizarse sobre dicho artículo. Cuando las hojas de ruta incluyen métodos específicos de operación y estándares de trabajo, suelen llamarse *hojas de proceso*.

La **orden de trabajo** es la instrucción de hacer una cantidad dada de un artículo particular, normalmente de acuerdo con una programación. La nota que escribe un mesero es una orden de trabajo. En un hospital o en una fábrica, la orden de trabajo es un documento más formal que da la autorización para que se saquen varios medicamentos o artículos del inventario, con la finalidad de desempeñar diversas funciones y asignar al personal que debe realizar esas funciones.

Las **notificaciones de cambio de ingeniería (NCI)** modifican algunos aspectos de la definición o documentación del producto, como un dibujo de ingeniería o una lista de materiales. Para un producto complejo que tiene un ciclo largo de producción, como un Boeing 777, los cambios pueden ser tan numerosos que nunca dos 777 se construyen exactamente igual, esto sin duda es una realidad. Estos cambios dinámicos en el diseño ha favorecido el desarrollo de una disciplina llamada administración de la configuración, que se refiere a la identificación, control y documentación del producto. La **administración de la configuración** es el sistema mediante el cual se identifican con exactitud las configuraciones planeadas y los cambios del producto, y para los cuales se mantiene un control y la responsabilidad del cambio.

DISEÑO DEL SERVICIO

Gran parte de nuestro análisis se ha enfocado en lo que llamamos productos tangibles, es decir, bienes. En el otro lado de la moneda del producto se encuentran, por supuesto, los servicios. Las industrias de servicios incluyen bancos, finanzas, seguros, transportes y comunicaciones. Los productos que ofrecen las empresas de servicios van desde un procedimiento quirúrgico que deja sólo una pequeña cicatriz después de una apendectomía, hasta el champú o corte de cabello en una peluquería, o una gran película.

El diseño de servicios es un reto porque a menudo tienen características únicas. Uno de los motivos para que las mejoras en los servicios sean tan pocas es que tanto el diseño como la entrega del servicio incluyen la interacción con el cliente. Cuando el cliente participa en el proceso de diseño, el proveedor del servicio dispone de un menú de opciones entre las cuales el cliente elige (véase la figura 3.12a). En este momento, el cliente incluso participa en el *diseño* del servicio. Las especificaciones de diseño pueden tomar la forma de un contrato o de narración descriptiva con fotografías (como en una cirugía estética o un corte de cabello). De igual forma, el cliente participaría en la *entrega* del servicio (véase la figura 3.12b) o en el diseño y la entrega, situación que maximiza el reto del diseño del producto (figura 3.12c).

Sin embargo, al igual que los bienes, una gran parte del costo y la calidad de un servicio se definen en la etapa del diseño. Como ocurre con los bienes, una serie de técnicas llegan a reducir los costos y mejorar el producto. Una técnica consiste en diseñar el producto de tal manera que la *personalización se retrase* lo más posible en el proceso. Ésta es la forma en que opera un salón de belleza: aun cuando el champú y el secado se hacen de manera estándar y con un bajo costo en mano de obra, el tinte y el peinado (personalización) se realizan al final. También es la forma en que opera la mayoría de los restaurantes: “¿cómo desea su carne? ¿Término medio o bien cocida?” “¿Qué aderezo quiere con su ensalada?”

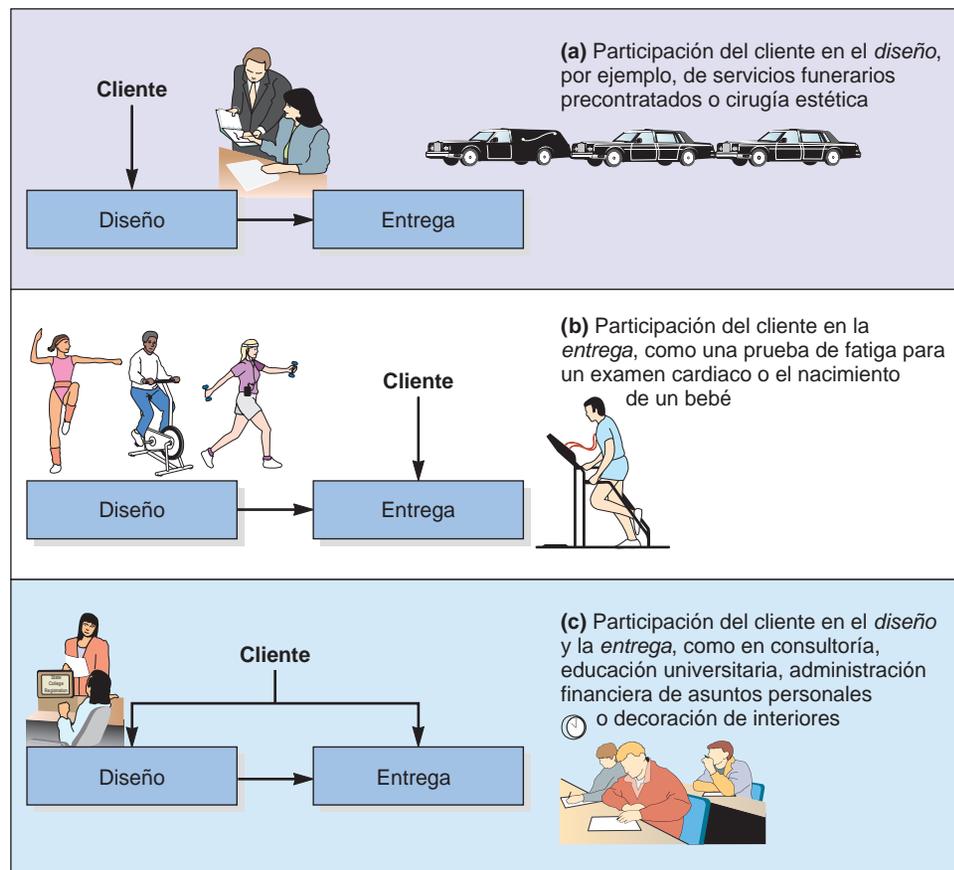
El segundo enfoque es *dividir en módulos* el producto con el propósito de que la personalización tome la forma de cambio de módulos. Esta estrategia permite que los módulos se diseñen como entidades “fijas” estándar. El enfoque modular para el diseño del producto tiene aplicaciones en la manufactura y en el servicio. Sólo un diseño modular hace posible que usted compre una motocicleta Harley-Davidson o un estéreo de alta fidelidad con las características que usted desea, la flexibilidad modular también le permite comprar comidas, ropa o seguros con una base (modular) de combinar y adecuar. De manera similar, los portafolios de inversión se arreglan de manera modular. Con certeza las materias universitarias son otro ejemplo de la forma en que el enfoque modular se utiliza para personalizar un servicio (en este caso, educación).

Un tercer enfoque en el diseño de servicios es dividir el servicio en pequeñas partes para identificar aquellas que se prestan a ser *automatizadas* o a *reducir la interacción con el cliente*. Por ejemplo, al aislar la actividad del cambio de cheques, a través de un cajero automático, los bancos han sido muy efectivos para diseñar un producto que incrementa el servicio al cliente y reduce los costos. De la misma forma, las aerolíneas están cambiando al servicio sin boleto. Como las aerolíneas gastan entre 15 y 30 dólares en producir un solo boleto (incluye mano de obra, impresión y la comisión del agente de viajes), los sistemas sin boleto ahorran a la industria mil millones de dólares al año. Disminuyendo los costos y las colas en los aeropuertos —y por ende, aumentando la satisfacción del cliente— proporciona un diseño de producto en el que nadie pierde (ganar-ganar).

FIGURA 3.12 ■

Participación del cliente en el diseño de servicios

Fuente: Robert Murdick, Barry Render y Roberta Russell, *Service Operations Management* (Boston, Allyn & Bacon, 1990).



Por la alta interacción del cliente en muchas industrias de servicios, una cuarta técnica consiste en enfocar el diseño en el llamado *momento de la verdad*. Jan Carlzon, ex presidente de Scandinavian Airways, piensa que en la industria de los servicios existe un momento de la verdad en el cual la relación entre el proveedor y el cliente es crucial.¹⁸ En ese momento se define la satisfacción del cliente con el servicio. El **momento de la verdad** es el momento en que se cumplen, se mejoran o no se alcanzan las expectativas del cliente. Ese momento suele ser tan simple como una sonrisa, o el hecho de que la cajera se concentra en el cliente en lugar de platicar con otra cajera. Los momentos de la verdad ocurren cuando hace su pedido en McDonald's, le cortan el cabello o se inscribe a los cursos en la universidad. En la figura 3.13 se muestra un análisis del momento de la verdad para el servicio al cliente vía telefónica de una compañía de computadoras. La tarea del administrador de operaciones es identificar los momentos de la verdad y diseñar operaciones que cumplan o superen las expectativas del cliente.

Momento de la verdad

En la industria de servicios, es el momento crucial entre el proveedor del servicio y el cliente en el que se cumplen, se mejoran o no se alcanzan las expectativas del cliente.

Documentos para los servicios

Por la alta interacción con el cliente en la mayoría de los servicios, los documentos para mover el producto a la producción son diferentes de los que se emplean en las operaciones de fabricación de bienes. La documentación para los servicios a menudo toma la forma de instrucciones explícitas del trabajo que especifican lo que debe ocurrir en el momento de la verdad. Por ejemplo, sin importar qué tan buenos son los productos de un banco en términos de cheques, ahorros, fideicomisos, préstamos, hipotecas, etcétera, si el momento de la verdad no se hace bien, el producto se recibirá con poco agrado. En el ejemplo 2 se muestra el tipo de documentación que emplea un banco para mover un producto (ventanilla atención en su coche) a "producción". En el servicio de telemercadeo, el diseño del producto y su transmisión a la producción asociada pueden adquirir la forma de un guión telefónico y un tablero con escenas del libreto (véase la fotografía de la siguiente página) como los que se usan para las películas.

¹⁸Jan Carlzon, *Moments of Truth* (Cambridge: Ballinger Publishing, 1987).

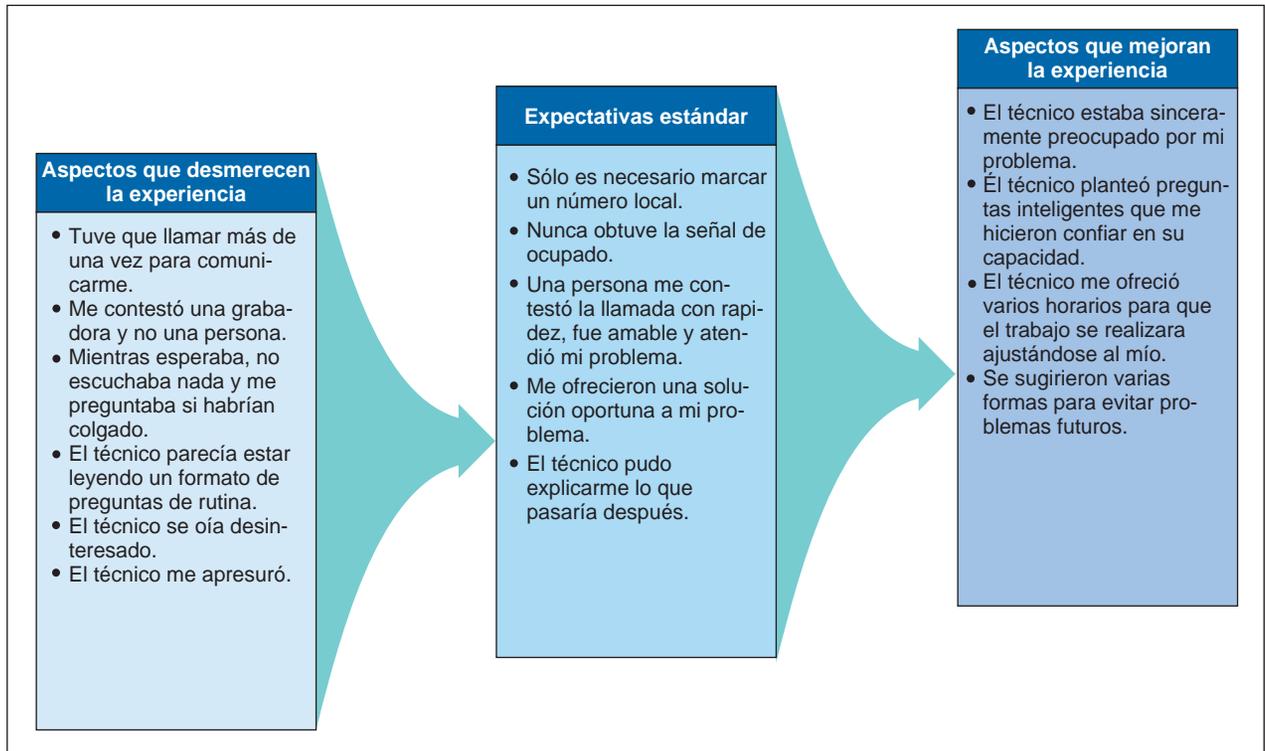


FIGURA 3.13 ■ Momento de la verdad: el cliente contacta el servicio técnico en línea con una compañía de cómputo



Este tablero define el producto con claridad para que se identifique cada actividad y se conozca su contribución al proceso.

Ejemplo 2

Documentación para mover a producción un producto de servicio

Los clientes que usan las ventanillas de servicio en el auto en lugar de entrar al banco, requieren técnicas de relación con el cliente diferentes. La distancia y las máquinas entre la ventanilla y el cliente crean barreras de comunicación. Algunos consejos de comunicación para mejorar las relaciones con el cliente en las ventanillas de servicio en el auto son:

- Ser especialmente discreto al hablar al cliente a través del micrófono.
- Proporcionar instrucciones escritas a los clientes que deben llenar los formatos que se entregan.
- Marcar las líneas que deben llenarse o anexar una nota con instrucciones.
- Siempre decir “por favor” y “gracias” al hablar por el micrófono.
- Establecer contacto visual con el cliente si la distancia lo permite.
- Si la transacción exige que el cliente estacione el automóvil y entre al salón de servicio, disculparse por el inconveniente.

Fuente: Adaptado con autorización de *Teller Operations* (Chicago, IL: The Institute of Financial Education, 1999): 32.

APLICACIÓN DE ÁRBOLES DE DECISIONES AL DISEÑO DE PRODUCTO

Los árboles de decisiones se aplican a las decisiones de nuevos productos y a una amplia variedad de problemas de administración. Son útiles en particular cuando hay una serie de decisiones y varios resultados que conducen a decisiones *subsecuentes* seguidas de otros resultados. Para construir un árbol de decisiones usamos el siguiente procedimiento:

1. Asegurar que todas las alternativas posibles y opciones de naturaleza estén incluidas en el árbol. Esto incluye la alternativa de “no hacer nada”.
2. Los pagos se introducen al final de la rama apropiada. Éste es el lugar para desarrollar los pagos correspondientes a lograr esta rama.
3. El objetivo es determinar el valor esperado de cada curso de acción. Lo logramos comenzando al final del árbol (el lado derecho) y trabajar hacia el inicio del árbol (la izquierda), calculando valores en cada paso y “podando” las alternativas que no son tan buenas como otras que salen del mismo nodo.

En el ejemplo 3 se muestra cómo usar un árbol de decisiones aplicado al diseño de producto.

Ejemplo 3

Silicon, Inc., fabricante de semiconductores, está investigando la posibilidad de producir y comercializar un microprocesador. Empezar este proyecto requerirá comprar un sofisticado sistema CAD, o bien, contratar y capacitar a varios nuevos ingenieros. El mercado para el producto puede ser favorable o desfavorable. Silicon, Inc. tiene por supuesto la opción de no producir el procesador.

Con una aceptación favorable en el mercado, las ventas llegarían a 25,000 procesadores a 100 dólares cada uno. Con aceptación desfavorable las ventas serían de sólo 8,000 procesadores a 100 dólares cada uno. El costo del equipo CAD es 500,000 dólares, pero el de contratar y capacitar a tres nuevos ingenieros es sólo 375,000 dólares. No obstante, los costos de manufactura deben bajar de 50 dólares cada uno, si se fabrican sin CAD, a 40 dólares cada uno si se fabrican con CAD.

La probabilidad de una aceptación favorable para el nuevo microprocesador es 0.40; la probabilidad de aceptación desfavorable es 0.60. Véase la figura 3.14.

Los valores monetarios esperados (VME) se han encerrado en un círculo en cada paso del árbol de decisión. Para la rama superior:

$$\begin{aligned} \text{VME (compra del sistema CAD)} &= (.4)(\$1,000,000) + (.6)(-\$20,000) \\ &= \$388,000 \end{aligned}$$

Esta cifra representa los resultados que ocurrirán si Silicon, Inc. compra el CAD.

El valor esperado de contratar y capacitar a los ingenieros es la segunda serie de ramas:

$$\begin{aligned} \text{VME (contratar/capacitar ingenieros)} &= (.4)(\$875,000) + (.6)(\$25,000) \\ &= \$365,000 \end{aligned}$$

El VME de no actuar es \$0.

Como la rama superior tiene el valor monetario esperado más alto (un VME de \$388,000 contra \$365,000 o \$0), representa la mejor decisión. La administración debe comprar el sistema CAD.

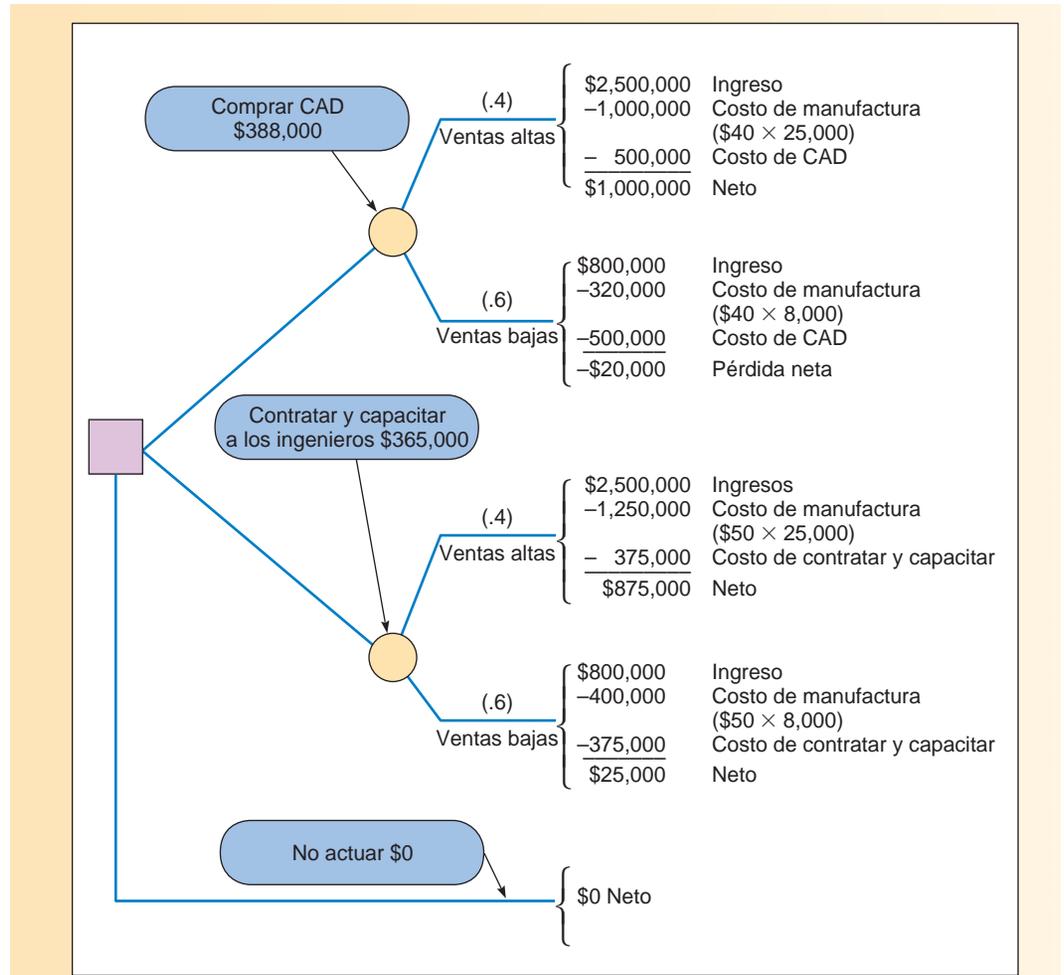


FIGURA 3.14 ■ Árbol de decisiones para el desarrollo de un nuevo producto

TRANSICIÓN A PRODUCCIÓN

En algún momento, nuestro producto, se trate de un bien o servicio, fue seleccionado, diseñado y definido. Evolucionó de una idea a una definición funcional y después, quizá a un diseño. En ese momento la administración debe tomar la decisión de si continuará con su desarrollo y producción, o si dará por terminada la idea del producto. Una de las habilidades de la administración moderna es saber cuándo mover un producto del desarrollo a la producción; este movimiento se conoce como *transición a la producción*. El equipo de desarrollo de producto siempre está interesado en hacer mejoras al producto. Puesto que el equipo de desarrollo tiende a observar el desarrollo de producto como una evolución, es posible que nunca tengan un producto terminado, pero como se hizo notar, el costo de la introducción tardía del producto es alto. Si bien existen estas presiones en conflicto, la administración debe tomar una decisión: más desarrollo o producción.

Una vez tomada esta decisión, casi siempre hay un periodo de pruebas de producción para asegurar que sea factible producir el diseño. Ésta es la prueba de manufacturabilidad. Esta prueba también brinda al equipo de operaciones la oportunidad de desarrollar las herramientas necesarias, los procedimientos de control de calidad y la capacitación del personal para asegurar que la producción se inicie de manera satisfactoria. Por último, cuando se prueba que es factible producir y comercializar el producto, la administración en línea asumirá la responsabilidad.

Algunas compañías asignan un *administrador de proyectos*, mientras otras usan *equipos de desarrollo de producto* para asegurar que la transición de desarrollo a producción sea exitosa. Ambos enfoques permiten contar con una amplia gama de recursos y talentos encargados de asegurar la producción satisfactoria de un producto que aún está en flujo. Un tercer enfoque es la *integración de una organización de desarrollo de producto y manufactura*, que facilite el cambio de los recursos entre las dos organizaciones cuando cambian las necesidades. El trabajo de los administradores de operaciones es hacer una transición de desarrollo a producción sin problemas o tan suave como sea posible.

RESUMEN

Una estrategia de producto efectiva requiere seleccionar, diseñar y definir un producto, para después hacer que dicho producto transite a producción. Sólo cuando esta estrategia se lleva a cabo de manera correcta, la función de producción puede contribuir su máximo a la organización. El administrador de operaciones debe construir un sistema de desarrollo de producto que tenga la habilidad de concebir, diseñar y fabricar productos que den una ventaja competitiva a la empresa. Al moverse los productos por su ciclo de vida (introducción, crecimiento, madurez y declinación) cambian las opciones que debe buscar el administrador de operaciones. Tanto los productos manufacturados como los de servicio disponen de una variedad de técnicas para ayudar a realizar estas actividades de manera eficiente.

Especificaciones escritas, listas de materiales y dibujos de ingeniería ayudan a definir los productos. De manera similar, los dibujos de ensamble, gráficas de ensamble, hojas de ruta y órdenes de trabajo suelen utilizarse para ayudar en la producción real del producto. Una vez que el producto está en producción, es apropiado el análisis de valor para asegurar un máximo valor de producto. Las notificaciones de cambios de ingeniería y la administración de la configuración proporcionan la documentación del producto.

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|--|--|
| Decisión de producto | Análisis de valor |
| Análisis del producto por su valor | Manufactura verde |
| Lluvia de ideas | Competencia basada en el tiempo |
| Despliegue de la función de calidad (DFC) | Sociedades de riesgo compartido |
| Casa de la calidad | Alianzas |
| Equipos de desarrollo de producto | Dibujo de ingeniería |
| Ingeniería concurrente | Lista de materiales (LDM) |
| Manufacturabilidad e ingeniería de valor | Decisión de hacer o comprar |
| Diseño robusto | Tecnología de grupos |
| Diseño modular | Dibujo de ensamble |
| Diseño asistido por computadora (CAD) | Gráfica de ensamble |
| Diseño para la manufactura y el ensamble (DFMA) | Hoja de ruta |
| Modelado de objetos en 3-D | Orden de trabajo |
| Estándar para el intercambio de datos de producto (STEP) | Notificación de cambio de ingeniería (NCI) |
| Manufactura asistida por computadora (CAM) | Administración de la configuración |
| Realidad virtual | Momento de la verdad |

PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 3.1

Sarah King, presidenta de King Electronics, Inc., tiene dos opciones de diseño para su nueva línea de tubos de rayos catódicos de alta resolución (CRT, *cathode-ray tube*) para las estaciones de trabajo de diseño asistido por computadora. El pronóstico de ventas por ciclo de vida para los CRT es 100,000 unidades.

La opción de diseño A tiene una probabilidad de .90 de obtener 59 CRT buenos por cada 100, y una probabilidad de .10 de obtener 64 CRT buenos por cada 100. Este diseño costará 1,000,000 de dólares.

La opción de diseño B tiene una probabilidad de .80 de obtener 64 unidades buenas por cada 100, y una probabilidad de .20 de obtener 59 unidades buenas por cada 100. Este diseño costará 1,350,000 dólares.

Buenos o malos, cada CRT costará 75 dólares. Cada CRT bueno se venderá por 150 dólares. Los CRT malos se destruyen y no tienen ningún valor de recuperación. Puesto que las unidades se rompen cuando se arrojan a la basura, el costo de desecho es poco. Por lo tanto, ignoramos cualquier costo de desecho en este problema.

SOLUCIÓN

Dibujamos un árbol de decisiones para mostrar las dos decisiones y las probabilidades asociadas con cada una. Después determinamos el pago de cada rama. El árbol resultante se muestra en la figura 3.15.

Para el diseño A,

$$\begin{aligned} \text{VME (diseño A)} &= (.9)(\$350,000) + (.1)(\$1,100,000) \\ &= \$425,000 \end{aligned}$$

Para el diseño B,

$$\begin{aligned} \text{VME (diseño B)} &= (.8)(\$750,000) + (.2)(\$0) \\ &= \$600,000 \end{aligned}$$

El diseño que tiene el pago más alto es la opción B con 600,000 dólares.

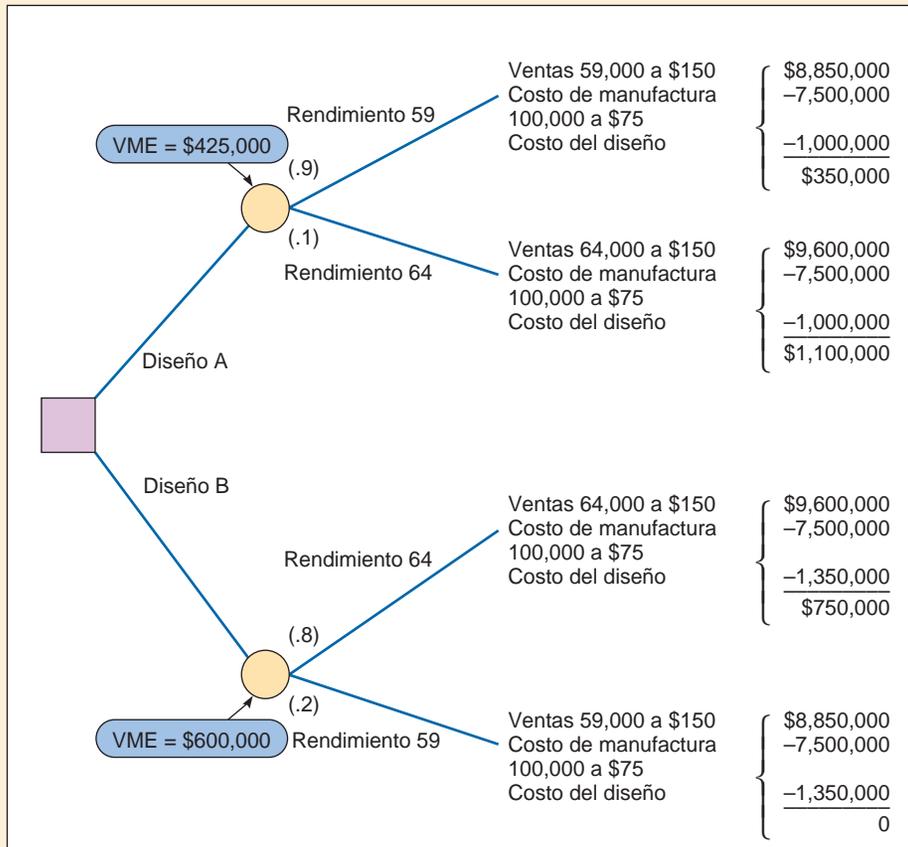


FIGURA 3.15 ■ Árbol de decisiones para el problema resuelto 3.1

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Por qué es necesario documentar el producto de manera explícita?
2. ¿Qué técnicas empleamos para definir el producto?
3. ¿De qué forma se vincula la estrategia de producto con las decisiones de producto?
4. Una vez que el producto se define, ¿qué documentos se usan para ayudar al personal de producción en su manufactura?
5. ¿Qué es competencia basada en el tiempo?
6. Describa las diferencias entre sociedades de riesgo compartido y alianzas.
7. Detalle cuatro enfoques organizacionales para el desarrollo de producto. ¿Cuál se piensa que es mejor?
8. Explique qué significa diseño robusto.

9. Mencione tres formas específicas en las que el diseño asistido por computadora (CAD) beneficia al ingeniero de diseño.
10. ¿Qué información contiene una lista de materiales?
11. ¿Qué información contiene el dibujo de ingeniería?
12. ¿Qué información contiene la gráfica de ensamble? ¿Y la hoja de proceso?
13. Explique qué significa “momento de la verdad” en el diseño de servicios.
14. Exponga de qué manera la casa de la calidad traduce los deseos del cliente en atributos del producto/servicio.
15. ¿Cuáles son las ventajas del diseño asistido por computadora?
16. ¿Qué ventajas estratégicas proporciona el diseño asistido por computadora?

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

El diseño de nuevos productos exitosos, como sugiere el capítulo, es una tarea compleja. La tarea se realiza de varias maneras que incluyen el cambio de personal de áreas funcionales de un departamento a otro, organizaciones integradas, administradores de proyecto y equipos. ¿Cuáles son las

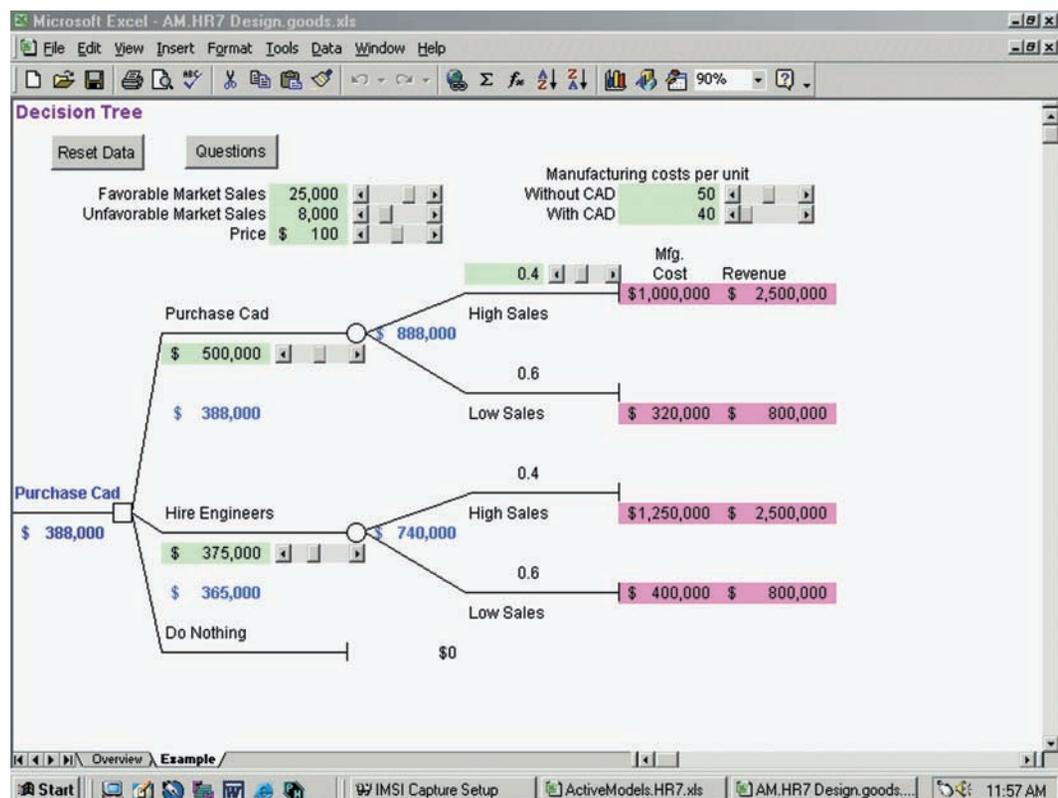
ventajas y desventajas de cada una? Más aún, dado que los aspectos ambientales son cada vez más relevantes, ¿cómo se integran éstos en el proceso de diseño del nuevo producto?

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este modelo activo permite evaluar elementos importantes en un árbol de decisiones, como el del ejemplo 3. Un árbol de decisiones secuencial es uno de los modelos de administración de operaciones que contiene probabilidades. En general las probabilidades son estimaciones (pronósticos), y hay mucha incertidumbre asociada a ellas. Se usa este modelo activo para explorar la sensibilidad de la decisión inicial (contratar más ingenieros o comprar CAD) respecto a las probabilidades. Además exploramos la sensibilidad de la decisión respecto a los pagos estimados (pronósticos) en cada secuencia de decisiones y eventos probabilísticos.

Preguntas

1. ¿Para qué intervalo de probabilidades de ventas altas debemos comprar el sistema CAD?
2. Las “ventas favorables en el mercado” se definieron como 25,000 unidades. Suponga que esta estimación es optimista. ¿En qué valor cambiaríamos nuestra decisión y contrataríamos ingenieros?
3. Las “ventas desfavorables en el mercado” se definieron como 8,000 unidades. Suponga que esta estimación es optimista. ¿En qué valor cambiaríamos nuestra decisión y contrataríamos ingenieros?
4. ¿Cómo afecta el precio a nuestra decisión?
5. ¿Qué tan sensible es la decisión respecto a los costos de manufactura sin CAD?
6. ¿Qué tan sensible es la decisión respecto a los costos de manufactura con CAD?



MODELO ACTIVO 3.1 ■

Análisis de árbol de decisiones usando los datos del ejemplo 3.

 **PROBLEMAS**

- : 3.1 Construya una matriz de casa de la calidad para un reloj de pulsera. Asegúrese de indicar los deseos específicos del cliente que usted considere que el público quiere. Después complete la matriz para mostrar la forma en que el administrador de operaciones identifica los atributos específicos que se pueden medir y controlar para satisfacer los deseos del cliente.
- : 3.2 Utilice la casa de la calidad para seleccionar un producto real (bien o servicio) y analice cómo una organización existente satisface los requerimientos del cliente.
- : 3.3 Use una secuencia de la casa de la calidad, como la descrita en la figura 3.4 de la página 63 para determinar la forma en que podría desplegar recursos para alcanzar la calidad deseada. (*Pista:* seleccione un producto/servicio que conozca bien.)
- : 3.4 Realice una entrevista con un comprador potencial de una nueva bicicleta y traduzca los *deseos* del cliente en los *cómo* específicos de la empresa.
- : 3.5 Prepare una lista de materiales para unos anteojos en su caja.
- : 3.6 Dibuje una gráfica de ensamble para un bolígrafo con punto fino.
- : 3.7 Dibuje una gráfica de ensamble para unos anteojos.
- : 3.8 Dibuje una gráfica de ensamble para una lámpara de mesa.
- : 3.9 Visite una tienda de sandwiches, como Subway. Elabore una lista de materiales para uno de sus sandwiches de marca. Es posible que la encargada o el gerente le proporcionen detalles sobre la cantidad o peso de algunos ingredientes. En caso contrario, haga una estimación de las cantidades.
- : 3.10 Dada la contribución hecha por cada uno de los tres productos en la siguiente tabla y su posición en el ciclo de vida, identifique una estrategia de operaciones razonable para cada uno.

| PRODUCTO | CONTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO | CONTRIBUCIÓN DE LA CÍA. | POSICIÓN EN EL CICLO DE VIDA |
|----------------------|---------------------------|--|------------------------------|
| | (% DEL PRECIO DE VENTA) | (%: CONTRIBUCIÓN TOTAL ANUAL ENTRE VENTAS TOTALES ANUALES) | |
| Computadora notebook | 30 | 40 | Crecimiento |
| Agenda electrónica | 30 | 50 | Introducción |
| Calculadora de mano | 50 | 10 | Declinación |

- : 3.11 El grupo de diseño del producto de Flores Electric Supplies, Inc. ha llegado a la conclusión de que necesita diseñar una nueva serie de interruptores. Debe decidirse por una de las tres estrategias de diseño. El pronóstico del mercado es 200,000 unidades. Cuanto mejor y más sofisticada sea la estrategia de diseño y mayor el tiempo invertido en ingeniería de valor, menor será el costo variable. El jefe de ingeniería de diseño, Dr. W. L. Berry, decidió que los siguientes costos son una buena estimación de los costos iniciales y variables relacionados con cada una de las tres estrategias:
 - a) Baja tecnología: proceso con poca tecnología y bajo costo que consiste en contratar a nuevos ingenieros con poca experiencia. Esta opción tiene un costo de \$45,000 y probabilidades de costo variable de .3 para \$.55 cada uno, .4 para \$.50 y .3 para \$.45.
 - b) Subcontrato: enfoque de mediano costo que emplea un buen equipo de diseño externo. Esta opción tendría un costo inicial de \$65,000 y probabilidades de costo variable de .7 para \$.45 cada uno, .2 para \$.40 y .1 para \$.35.
 - c) Alta tecnología: enfoque de alta tecnología en el que se usa lo mejor del personal interno y la más moderna tecnología de diseño asistido por computadora. Esta opción tiene un costo inicial de \$75,000 y probabilidades de costo variable de .9 para \$.40 y .1 para \$.35. ¿Cuál es la mejor decisión con base en un criterio de valor monetario esperado (VME)? (*Nota:* queremos el VME más bajo puesto que se manejan costos en este problema).
- : 3.12 Clarkson Products, Inc. de Clarkson, Nueva York tiene la opción de *a)* proceder de inmediato con la producción de una nueva TV estéreo de la más alta calidad, de la cual acaba de completar la prueba del prototipo o, *b)* hacer que el equipo de análisis de valor complete el estudio. Si Ed Lusk, vicepresidente de operaciones, procede con el prototipo existente (opción *a*), la empresa puede esperar que las ventas lleguen a 100,000 unidades a \$550 cada una, con una probabilidad de .6 y una probabilidad de .4 para 75,000 a \$550. No obstante, si utiliza al equipo de análisis de valor (opción *b*), la empresa espera ventas por 75,000 unidades a \$750, con una probabilidad de .7 y una probabilidad de .3 para 70,000 unidades a \$750. El costo del análisis de valor es \$100,000. ¿Cuál de las dos opciones tiene el valor monetario esperado (VME) más alto?
- : 3.13 Los residentes de Mill River tienen hermosos recuerdos del patinaje en hielo en el parque local. Un artista captó la experiencia en un dibujo y espera reproducirlo y vender las copias enmarcadas a los residentes actuales y anteriores. El artista considera que si el mercado es bueno podría vender 400 copias de la versión de elegante a \$125 cada una. Si el mercado no es tan bueno, sólo vendería 300 copias a \$90 cada una. En su lugar, puede hacer una versión de lujo del mis-

mo dibujo. Cree que si el mercado fuera bueno podría vender 500 copias de la versión de lujo a \$100 cada una. Si el mercado no es tan bueno podría vender 400 copias a \$70 cada una. En ambos casos los costos de producción serían aproximadamente \$35,000. También tiene la opción de no hacer los cuadros esta vez. Pero si considera que hay 50% de probabilidades de un buen mercado, ¿qué debe hacer? ¿Por qué?

- : 3.14 El gerente de materiales de Ritz Products, Bruce Elwell, debe determinar si hace o compra un nuevo semiconductor para la TV de pulsera que la empresa está por producir. Se espera fabricar 1 millón de unidades durante el ciclo de vida. Si el producto se fabrica, los costos totales de preparación y producción de la decisión de *hacer* ascienden a \$1,000,000 de dólares con una probabilidad de .4 de que el producto será satisfactorio y de .6 de que no lo será. Si el producto no es satisfactorio la empresa deberá reevaluar la decisión. Si la decisión se reevalúa, la decisión final puede ser gastar otro millón de dólares en el rediseño del semiconductor o su compra. La probabilidad de éxito, la segunda vez que se tome la decisión de hacer, es de .9. Si la decisión de hacer también falla, la empresa deberá comprar. Independientemente de cuándo ocurra la compra, a juicio de Elwell el costo que Ritz debe pagar por cada semiconductor que compre es \$.50 más \$1,000,000 del costo de desarrollo del vendedor.
- Suponiendo que Ritz debe tener el semiconductor (parar o proceder sin él no son opciones viables) ¿cuál es la mejor decisión?
 - ¿Qué criterio usó para tomar esta decisión?
 - ¿Qué es lo peor que le ocurriría a Ritz como resultado de esta decisión particular? ¿Qué es lo mejor que le sucedería?
- : 3.15 Page Engineering diseña y construye sistemas de aire acondicionado y calefacción (HVAC) para clínicas y hospitales. En este momento el personal de la compañía tiene una sobrecarga de trabajo de diseño. Existe un proyecto importante que debe entregarse en 8 semanas. La multa por cada semana de retraso en la entrega del diseño es \$14,000 por semana ya que cualquier retraso demoraría la fecha de apertura programada para las instalaciones, con un costo significativo en ingresos para el cliente. Si la compañía emplea a sus ingenieros internos para completar el diseño, tendría que pagarles tiempo extra durante todo el trabajo. Page ha estimado que hacer todo este diseño con sus ingenieros le costaría \$12,000 a la semana (salarios y gastos generales). Page está considerando también llamar a una empresa externa de ingeniería para hacerlo. Ha recibido una propuesta por \$92,000 por el diseño completo. Pero otra opción para completar el diseño consistiría en realizar una alianza de diseño con una tercera empresa que se encargaría de diseñar todos los componentes electromecánicos por \$56,000, y Page se encargaría de completar el resto del diseño y los sistemas de control por un costo estimado de \$30,000.

Page estima las siguientes probabilidades de completar el proyecto en varios periodos usando cada una de las tres opciones. Sus estimaciones se muestran en la siguiente tabla:

| OPCIÓN | PROBABILIDAD DE TERMINAR A TIEMPO | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| | A TIEMPO | UNA SEMANA DESPUÉS | DOS SEMANAS DESPUÉS | TRES SEMANAS DESPUÉS |
| Ingenieros internos | .4 | .5 | .1 | — |
| Ingenieros externos | .2 | .4 | .3 | .1 |
| Alianza de diseño | .1 | .3 | .4 | .2 |

¿Cuál es la mejor decisión con base en el criterio del valor monetario esperado? (Nota: lo que se desea es el menor VME porque en este problema se manejan costos).

- : 3.16 Use los datos del problema resuelto 3.1 para examinar qué pasa con las decisiones, si Sarah King aumenta los rendimientos de \$59,000 a 64,000 al aplicar un fósforo muy costoso a la pantalla con un costo agregado de \$250,000. Prepare el árbol de decisiones modificado. ¿Cuáles son los pagos y qué rama tiene el mayor VME?
- : 3.17 Como un proyecto para la biblioteca o en Internet, encuentre una serie de códigos de tecnología de grupos.



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página en Internet en www.pearsoneducacion.net/heizer para los siguientes problemas de tarea adicionales: 5.18 a 5.24.

CASO DE ESTUDIO

Estrategia de producto en De Mar

De Mar, compañía de plomería, calefacción y aire acondicionado, localizada en Fresno, California, tiene una estrategia de producto simple pero poderosa: *resolver el problema del cliente sin importar qué, resolver el problema cuando el cliente necesite resolverlo y asegurarse de que el cliente*

se sienta bien al terminar. De Mar ofrece servicio garantizado el mismo día cuando el cliente lo requiere. La compañía ofrece servicio las 24 horas, los 7 días de la semana sin cargo extra, a clientes cuyo aire acondicionado falla un domingo de verano, o cuyos retretes se descomponen a las 2:30 de la madrugada. El coordinador asistente Janie Walter comenta: “nosotros estaremos ahí para arreglar su aire acondicionado el 4 de

Julio, sin que le cueste un centavo más. Cuando nuestros competidores no se levantan de la cama, ¡nosotros estaremos ahí!”

De Mar garantiza mantener el precio del trabajo encomendado antes de empezar el encargo. Mientras que casi todos los competidores garantizan su trabajo por 30 días, De Mar garantiza todas las partes y la mano de obra por un año. La compañía no estima el costo del viaje porque “no es justo cobrarle al cliente por ir a su casa”. El propietario Larry Harmon afirma: “estamos en una industria que no tiene la mejor reputación. Si empezamos a hacer del dinero nuestra meta principal, estamos en problemas. Por ello destaco la satisfacción del cliente, el dinero es un subproducto”.

De Mar emplea contratación selectiva, capacitación y educación continuas, medidas de desempeño y compensación que incorporan la satisfacción del cliente, trabajo en equipo sólido, presión de los compañeros, delegación de autoridad y promoción decidida para implantar su estrategia. El gerente de crédito comenta: “la persona que desee un empleo de 9 a 5 necesita buscarlo en otra parte”.

Los precios de De Mar son altos, sin embargo, los clientes responden porque De Mar entrega valor, es decir, beneficio por costo. En ocho años las ventas anuales han aumentado de alrededor de \$200,000 a más de \$3.3 millones.

Preguntas para analizar

1. ¿Cuál es el producto de De Mar? Identifique las partes tangibles de este producto y los componentes de su servicio.
2. ¿Cómo deben apoyar su estrategia de producto las otras áreas de De Mar (marketing, finanzas, personal)?
3. Aun cuando el producto de De Mar es principalmente un producto de servicio, ¿cómo debe manejarse cada una de las 10 decisiones de AO, mencionadas en el texto, para asegurar que el producto tenga éxito?

Fuente: Reimpreso con autorización de The Free Press, extraído de *On Great Service: A Framework for Action*, de Leonard L. Berry. Copyright © 1995 por Leonard L. Berry.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Diseño de producto en Regal Marine

Con cientos de competidores en el negocio de los botes, Regal Marine debe trabajar para diferenciarse del “montón”. Como se observó en el *Perfil global de la compañía* con que inició este capítulo, Regal introduce continuamente nuevos botes innovadores de alta calidad. Su estrategia de diferenciación se refleja en una línea de producto que consta de 22 modelos.

Con el propósito de mantener el flujo de innovaciones y con tantos botes en diversas etapas de su ciclo de vida, Regal busca todo el tiempo las opiniones de diseño de sus clientes, distribuidores y consultores. Las ideas de diseño pasan con rapidez al estudio de estilos, donde se colocan en las máquinas de CAD para acelerar el proceso de desarrollo. Los estilos de diseño existentes están en constante evolución puesto que la compañía busca estar siempre a la moda y ser competitiva. Todavía más, con ciclos de vida tan cortos (3 años) se requiere un flujo constante de productos. Hace unos cuantos años el nuevo producto era el Rush de tres pasajeros que costaba \$11,000, un bote pequeño pero poderoso capaz de jalar a un esquiador. A éste le siguió un bote de 20 pies con desempeño en borda y fuera de borda con tantas innovaciones que ganó un premio tras otro en la industria. Otro nuevo bote es el rediseño del Commodore, de 42 pies de eslora, donde seis personas duermen en lujosos camarotes. Con todos estos modelos e innovaciones, los diseñadores y el personal de producción de Regal, están siempre bajo presión para responder con rapidez.

Al involucrar en forma temprana a los proveedores clave y animarlos a participar en la etapa de diseño, Regal mejora tanto las innovacio-

nes como la calidad al mismo tiempo que acelera el desarrollo de producto. Regal encuentra que cuanto más pronto involucra a los proveedores, más rápido saca los nuevos botes al mercado. Después de la etapa de desarrollo que comprende concepto y estilo, las máquinas de diseño de CAD proporcionan las especificaciones de producto. La primera etapa en la producción real es la creación del “encaje”, una pieza tallada en espuma que se emplea para hacer los modelos de fibra de vidrio de los cascos y cubiertas. Las especificaciones del sistema CAD dirigen el proceso de tallado. Una vez que se talla el encaje, se forma el molde permanente de cada nuevo diseño de cubierta y casco. Los moldes tardan de 4 a 8 semanas en terminarse y se hacen totalmente a mano. Se hacen moldes similares para muchas otras características de los botes Regal, desde componentes de galería y dormitorio hasta baños y escalones. Los moldes terminados pueden unirse y usarse para hacer miles de botes.

Preguntas para analizar

1. ¿Cómo se aplica el concepto del ciclo de vida a los productos de Regal Marine?
2. ¿Cuál es la estrategia de Regal para seguir siendo competitiva?
3. ¿Qué clase de ahorros en ingeniería logra Regal al emplear la tecnología CAD en lugar de las técnicas de boceto tradicional?
4. ¿Cuáles son los beneficios posibles de la tecnología de diseño CAD?

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- *The Ritz-Carlton* (# 601-163): Permite que los estudiantes examinen la innovación y mejora del servicio en la industria de la hotelera.
- *Product Development at Dell Computer Corp.* (# 699-010): Se enfoca en la forma en que Dell rediseñó su proceso de desarrollo de nuevos productos.
- *Innovation at 3M Corp. (A)* (# 699-012): Describe la forma en que el proceso de desarrollo de nuevos productos obtiene la aportación del cliente en 3M Corp.
- *CIBA Vision: The Daily Disposable Lens Project (A)* (# 696-100): Examina la evaluación de los nuevos lentes de contacto desechables de bajo costo de CIBA Vision.



BIBLIOGRAFÍA

- Akao, Y., ed. *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1990.
- Atuahene-Gima, Kwaku y Felicitas Evangelista. "Cross-Functional Influence in New Product Development: An Exploratory Study of Marketing and R&D Perspectives". *Management Science* 46, núm. 10 (octubre de 2000): 1269-1284.
- Baldwin, C. Y. y K. B. Clark. "Design rules. Volume 1: The Power of Modularity". Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
- Hutt, Michael D. *et al.* "Defining the Social Network of a Strategic Alliance". *Sloan Management Review* (invierno de 2000): 51-62.
- Krishnan, V. y Karl T. Ulrich. "Product Development Decisions: A Review of the Literature". *Management Science* 47, núm. 1 (enero de 2001): 1-21.
- Reinertsen, Donald G. *Managing the Design Factory: A Product Developer's Toolkit*. Nueva York: The Free Press, 1997.
- Schilling, Melissa A. "Toward a General Modular Systems Theory and Its Application to Interfirm Product Modularity". *Academy of Management Review* 25, núm. 2 (2000): 312-334.
- Swamidass, Paul M., Nair S. Satish y Sanjay I. Mistry. "The Use of a Neutral Factory to Investigate the Effect of Product Line Width on Manufacturing Performance". *Management Science* 45, núm. 11 (noviembre de 1999): 1525-1538.
- Thomke, Stefan. "Enlightened Experimentation: The New Imperative for Innovation". *Harvard Business Review* (febrero de 2001): 67-72.



RECURSOS DE INTERNET

- Agile Manufacturing Project at MIT:
<http://web.mit.edu/ctpid/www/agile/atlanta.html>
- Center for Design at the Royal Melbourne Institute of Technology:
<http://www.cfd.rmit.edu.au/>
- Concurrent Engineering Virtual Environment Demo: University of Hertfordshire:
<http://www.mansys.herts.ac.uk/ider/design.html>
- Consortium on Green Design and Manufacturing:
<http://cgdm.berkeley.edu>
- Design for Competitive Advantage:
<http://www.dfca.org/dfca.html>
- Ejemplos de mal diseño:
<http://www.baddesigns.com>
- Green Design Initiative: Carnegie Mellon University:
<http://www.ce.cmu.edu/GreenDesign/>
- ISO 14000 centro de información patrocinado por Environmental Engineering Inc.:
<http://www.iso14000.com/>
- Saturn, caso de estudio sobre diseño de ingeniería:
<http://bits.smete.berkeley.edu/develop/saturn/banner.html>

Estrategia de proceso

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LA PERSONALIZACIÓN MASIVA PROPORCIONA VENTAJA COMPETITIVA A DELL COMPUTER

CUATRO ESTRATEGIAS DE PROCESO

- Enfoque en el proceso
- Enfoque repetitivo
- Enfoque en el producto
- Enfoque en la personalización masiva
- Comparación de las opciones de procesos

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROCESO

- Diagramas de flujo
- Gráfica de función-tiempo
- Diagramas del proceso
- Diseño preliminar del servicio

DISEÑO DEL PROCESO DE SERVICIO

- Interacción con el cliente y diseño del proceso
- Más oportunidades para mejorar los procesos de servicio

SELECCIÓN DE EQUIPO Y TECNOLOGÍA

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

- Tecnología de maquinaria
- Sistema de identificación automatizado (AIS)
- Control de proceso
- Sistemas de visión

- Robots
- Sistema de almacenamiento y recuperación automatizado (ASRS)
- Vehículo de guía automatizada (AGV)
- Sistema de manufactura flexible (FMS)
- Manufactura integrada por computadora (CIM)

TECNOLOGÍA EN LOS SERVICIOS

REINGENIERÍA DE PROCESOS

PROCESOS EN ARMONÍA CON EL AMBIENTE

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

CASO DE ESTUDIO: ROCHESTER MANUFACTURING CORPORATION

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: ESTRATEGIA DE PROCESO EN WHEELED COACH

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

- Enfoque en el proceso
- Enfoque repetitivo
- Enfoque en el producto
- Reingeniería de procesos
- Aspectos del proceso de servicio
- Aspectos ambientales

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Análisis del proceso
- Diseño de servicios
- Manufactura verde
- Tecnología de producción

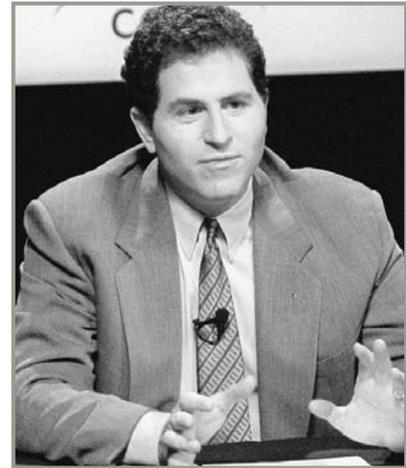
PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

La personalización masiva proporciona ventaja competitiva a Dell Computer

Dell Computer comenzó con una sola premisa: "¿cómo podemos mejorar el proceso de comprar una computadora?" La respuesta que dio su fundador, el multimillonario Michael Dell, fue aventajar a los otros proveedores vendiendo directamente al cliente final; de este modo eliminaba la cadena de distribución cuya ganancia representa un alto porcentaje del precio de las PC. El ingenioso proceso de Dell ha hecho de la compañía un modelo para la

industria de las computadoras y le ha permitido ganar el primer lugar en ventas.

Nadie se sorprendió cuando la compañía de Michael Dell, de 20 mil millones de dólares, obtuvo el primer lugar. Dell tenía apenas ocho años de edad cuando se interesó en el anuncio publicado en una revista que ofrecía obtener el certificado de secundaria en menos tiempo. Cuando fundó Dell Computer tenía 19 años, y desde su dormitorio en la Universidad de Texas



Michael Dell construyó su primera computadora en 1983, ocho años después de que se inventaron las computadoras personales. En su primer año en la Universidad de Texas, construía computadoras en su dormitorio.

Dell vende computadoras por Internet, después las produce y envía directamente al cliente individual. No mantiene inventarios. La personalización masiva le permite el cambio continuo de los modelos conforme dispone de nuevas tecnologías.

soñaba con ser competidor de IBM. En 1999, Dell superó las ventas de IBM.

En la actualidad Dell utiliza Internet. Ninguna compañía estadounidense comparable en tamaño, ha tenido tanto éxito en hacer de Internet una herramienta de todos los días para mejorar su productividad. Dell ha integrado la Web en todos los aspectos cotidianos de su negocio: diseño, producción, ventas y servicio. Sin importar la larga y variada cadena de suministro global, Dell opera con un inventario de sólo 6 días, una fracción del de sus competidores.

Dell también ha establecido estándares de entrega rápida y personalización masiva. Construye computadoras con rapidez, a bajo costo y sólo sobre pedido. Este proceso ha resuelto uno de los problemas principales en el cambiante mercado de las PC, la obsolescencia. Pero Dell ha llegado

DELL COMPUTER CORP.



Dell prepara juegos de componentes para cada cliente. Después las partes se envían a medida que se necesitan donde el ensamble del producto final está a cargo de personas altamente capacitadas, quienes arman la computadora completa.

más allá de la reducción de su inventario. Por ejemplo, adquiere los componentes apenas unos minutos antes de necesitarlos. En su nueva fábrica en Austin, Texas, una computadora personal Dell se puede construir, instalarle el software, probarla y empaclarla en ocho horas, dos horas menos de las 10 que necesitaba antes.

¿Cómo resuelve Dell la personalización masiva? En lugar de invertir recursos en el desarrollo de partes de computadora (como muchos competidores), Dell ha enfocado la mayor parte de sus esfuerzos de investigación y desarrollo (ID) en el diseño de software que facilite y simplifique la instalación y configuración de sus PC. La velocidad de Dell impresiona a muchas multinacionales que la han adoptado de hecho, como proveedor. Después de que Dell construyó y embarcó a los centros de reservaciones de Delta 3,700 PC en 11 días, los ejecutivos de Delta volaron a Austin para ofrecer una fiesta a los trabajadores de la fábrica.



Aunque 90% del negocio de computadoras personales Dell son pedidos personalizados, el ensamble final de cada una toma menos de ocho horas.

Estrategia de proceso
Enfoque de una organización para transformar recursos en bienes y servicios.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

- Diseño de bienes y servicios
- Administración de la calidad
- Estrategia de proceso**
- Estrategias de localización
- Estrategias de distribución física
- Recursos humanos
- Administración de la cadena de suministro
- Administración de inventarios
- Programación
- Mantenimiento

Enfoque en el proceso
Instalación de producción que se organiza en torno a los procesos para facilitar la producción de bajo volumen y alta variedad.

En el capítulo 3 examinamos la necesidad de seleccionar, definir y diseñar bienes y servicios. En este capítulo analizamos su producción. Una decisión importante para el administrador de operaciones es encontrar la mejor forma de producir. Observemos algunas formas que ayudan a los administradores a diseñar un proceso que les permita lograr esta meta.

La **estrategia de proceso** (o de transformación) es el enfoque que adopta una organización para transformar los recursos en bienes y servicios. El *objetivo de una estrategia de proceso* es encontrar la forma de producir bienes y servicios que cumplan los requerimientos del cliente y las especificaciones del producto, dentro de los costos y otras restricciones de la administración. El proceso seleccionado tendrá un efecto a largo plazo sobre la eficiencia y la producción, así como la flexibilidad, el costo y la calidad de los bienes producidos. Por lo tanto, gran parte de la estrategia de una empresa se determina en el momento en que toma su decisión sobre el proceso.

CUATRO ESTRATEGIAS DE PROCESO

Prácticamente todo bien o servicio se realiza empleando una variación de alguna de estas cuatro estrategias de proceso: **1.** enfoque en el proceso, **2.** enfoque repetitivo, **3.** enfoque en el producto, y **4.** personalización masiva. Observe la relación de estas cuatro estrategias con el volumen y la variedad que se muestra en la figura 4.1. Si bien la figura sólo muestra cuatro estrategias, un administrador de operaciones innovador puede construir procesos que se ubiquen en cualquier punto de la matriz, para lograr el volumen necesario y sus requerimientos de variedad.

Observemos cada una de estas estrategias con un ejemplo y un diagrama de flujo. Examinemos *Standard Register* como una empresa con enfoque en el proceso, *Harley-Davidson* como productora repetitiva, *Nucor Steel* por su operación con enfoque en el producto y *Dell* por enfocarse en la personalización masiva.

Enfoque en el proceso

Setenta y cinco por ciento de toda la producción global se dedica a hacer productos en *bajo volumen y alta variedad* en lugares denominados “talleres intermitentes” o “de producción por pedido”. Tales instalaciones se organizan en torno a actividades o procesos específicos. En una fábrica, estos procesos serían los departamentos dedicados a soldar, pulir y pintar; en una oficina, los procesos de cuentas por pagar, ventas y nómina, y en un restaurante, el bar, la cocina y la panadería. Estas instalaciones tienen un **enfoque en el proceso** en términos de equipo, distribución física y supervisión. Proporcionan un alto grado de flexibilidad de producto, ya que los productos se mueven de manera intermitente entre los procesos. Cada proceso está diseñado para desempeñar una amplia variedad de actividades y manejar cambios frecuentes. En consecuencia, también se denominan *procesos intermitentes*.

Estas instalaciones tienen costos variables altos y una utilización muy baja, del orden de 5%. Éste es el caso de muchos restaurantes, hospitales y talleres de máquinas especializadas. Sin embargo, ciertas instalaciones funcionan un poco mejor mediante el uso de equipos innovadores, a menudo de control electrónico. Con el desarrollo de los equipos de control numérico por computadora (máquinas controladas por programas de cómputo), es posible programar máquinas herramienta, movimiento de piezas y cambios de herramientas e incluso la colocación automatizada de partes en la máquina y el movimiento de materiales entre máquinas.

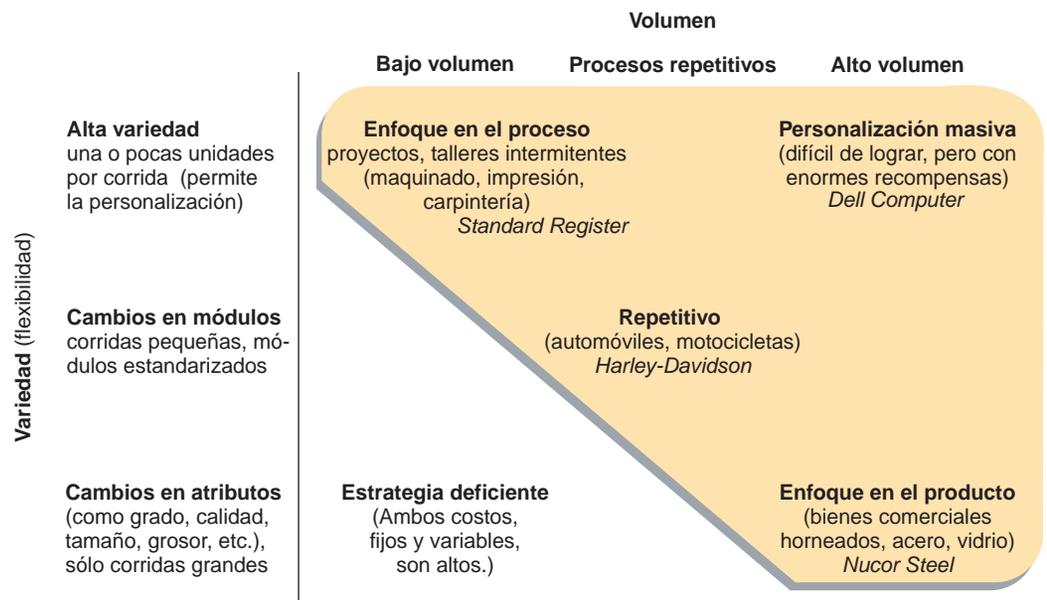
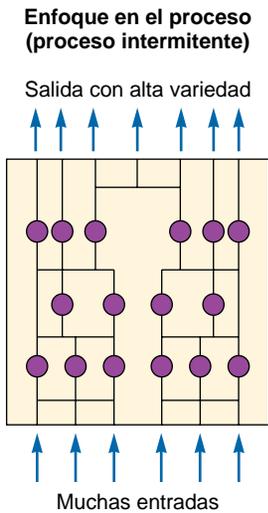


FIGURA 4.1 ■ El proceso seleccionado debe ajustarse al volumen y la variedad

El ejemplo 1 muestra la forma en que Standard Register, empresa de impresión y procesamiento de documentos, valuada en mil millones de dólares, con oficinas centrales en Dayton, Ohio, produce formas para negocios en papel.

Ejemplo 1



Taller intermitente con enfoque en el proceso en Standard Register

Si hace poco pidió que le llevaran pizza a su casa, es muy posible que Standard Register haya imprimido la hoja de pedido y la etiqueta de entrega para la caja. También es muy probable que esta semana usted haya tenido contacto con alguno de los formatos de Standard sin saberlo. La empresa hace miles de productos diferentes, uno de ellos es la conocida forma de negocios de hojas múltiples (3 o 4 copias). Las formas empleadas para la inscripción en universidades, admisión de pacientes en hospitales, retiros en los bancos, pedidos en las tiendas y solicitudes de trabajo, son algunos ejemplos. La división de formas de la compañía tiene 11 plantas en Estados Unidos.

La figura 4.2 es un diagrama de flujo del proceso de producción completo, desde la toma del pedido hasta el embarque, en la planta de Standard de Kirksville, Missouri. Este taller intermitente agrupa personas y máquinas que realizan actividades específicas, como impresión, corte o encuadernado, en departamentos. Los pedidos completos se procesan en lotes que se mueven de un departamento a otro, en lugar de ir en un flujo continuo o de procesarse uno por uno.

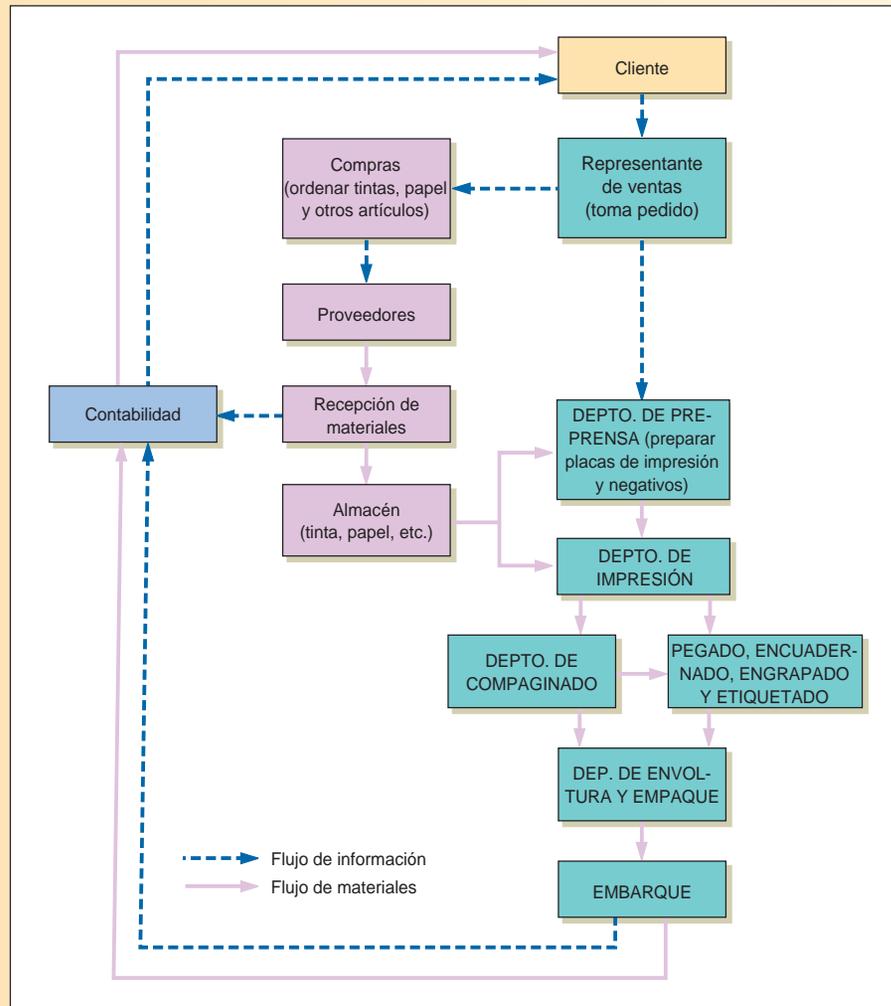


FIGURA 4.2 ■ Diagrama de flujo de los procesos de producción en la planta de Standard Register en Kirksville, Missouri

Fuente: Adaptado con autorización de J. S. Martinich, *Production and Operations Management* (Nueva York: John Wiley, 1997): 79-87.

El proceso comienza con un representante de ventas que ayuda al cliente a diseñar su forma de negocios. Una vez definida, transmite el pedido en forma electrónica al departamento de apoyo a ventas en la planta. Ahí, un coordinador de pedidos determina qué materiales se van a necesitar en producción (tinta, papel, etiquetas, etc.), calcula el tiempo necesario de producción y programa el trabajo en una máquina específica.

El departamento de pre prensa usa diseño asistido por computadora (CAD) para convertir el diseño del producto en láminas para las prensas y después “quema” la imagen de la forma en una placa de aluminio para impresión. Los operarios de las máquinas del departamento de impresión colocan las placas y las tintas en las prensas e imprimen las formas. Una vez fuera de las prensas, la mayoría de los productos pasa a la máquina que compagina hasta 14 copias, tal vez con papel carbón entre ellas. Algunos productos pasan por procesos adicionales (por ejemplo, pegado, encuadernado, engrapado o etiquetado). Una vez terminadas, casi todas las formas se envuelven en polietileno antes de colocarlas en cajas de cartón para su embarque. Se embarca el pedido, se envía un “recibo de trabajo” al departamento de contabilidad y la factura se envía al cliente.

Enfoque repetitivo

Un proceso repetitivo cae entre los que se centran en el producto y el proceso que se observan en la figura 4.1. Los procesos repetitivos usan módulos y éstos son partes o componentes que se preparan con anterioridad, a menudo en procesos continuos.

La línea de un **proceso repetitivo** es la línea de ensamble clásica. Se emplea de manera extensa en el ensamble de casi todos los automóviles y aparatos electrodomésticos, tiene más estructura y, por tanto, menos flexibilidad que una instalación con enfoque en el proceso.

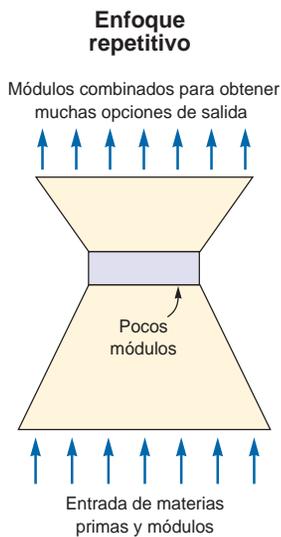
Las empresas de comida rápida son ejemplos de procesos repetitivos que usan **módulos**. Este tipo de producción permite una mayor personalización que el proceso continuo; los módulos (por ejemplo, carne, salsa, tomates, cebollas) se ensamblan para formar un producto casi personal, una hamburguesa con queso. De esta forma, la empresa obtiene tanto las ventajas económicas del modelo continuo (donde se preparan muchos de los módulos), como la ventaja de la personalización del modelo de bajo volumen y alta variedad.

En el ejemplo 2 se muestra la línea de ensamble de Harley-Davidson. Harley es un fabricante repetitivo que se ubica en la parte central de la figura 4.1.

Proceso repetitivo
Proceso de producción orientado al producto que usa módulos.

Módulos
Partes o componentes de un producto preparadas previamente, a menudo en un proceso continuo.

Ejemplo 2



Manufactura repetitiva en Harley-Davidson

Harley-Davidson ensambla módulos. La mayoría de fabricantes repetitivos producen mediante algún tipo de línea de ensamble, donde el producto final toma diversas formas, dependiendo de la combinación de los módulos. Así ocurre en Harley, donde los módulos son componentes y opciones de motocicletas.

Los motores Harley se producen en Milwaukee y se embarcan justo a tiempo hacia la planta de la compañía de York, Pennsylvania. En York, Harley agrupa en familias las partes que requieren procesos similares (véase el diagrama de flujo de la figura 4.3). El resultado son *células de trabajo*, que realizan en un mismo lugar todas las operaciones necesarias para la producción de módulos específicos. Estas células de trabajo alimentan la línea de ensamble.

Harley-Davidson ensambla dos tipos de motor dispuestos en tres tamaños, para 20 modelos de motocicleta, disponibles en 13 colores y dos opciones de llantas, lo que da un total de 95 combinaciones. Harley también produce 4 motocicletas para policía, 2 modelo Shriner y ofrece muchas opciones personalizadas de pintura. Esta estrategia requiere que no menos de 20 mil piezas diferentes se ensamblen en módulos y después en motocicletas.

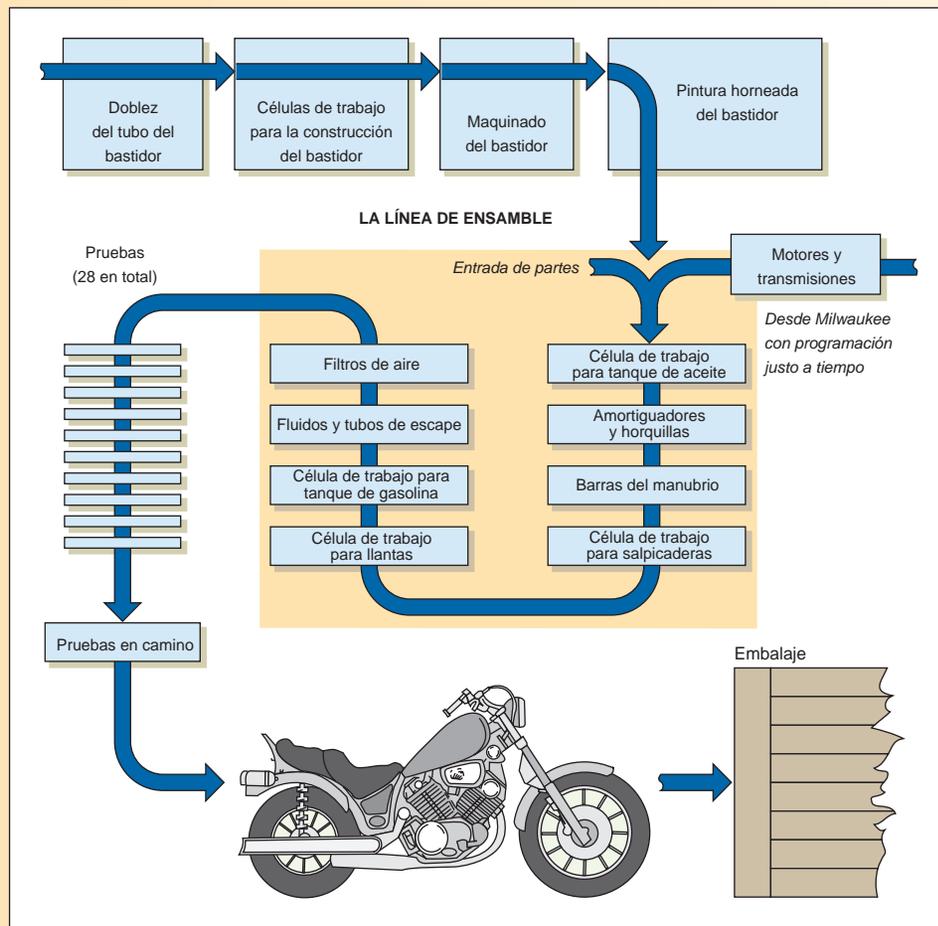


FIGURA 4.3 ■

Diagrama de flujo que muestra el proceso de producción en la planta de ensamble de Harley-Davidson en York, Pennsylvania

Enfoque en el producto

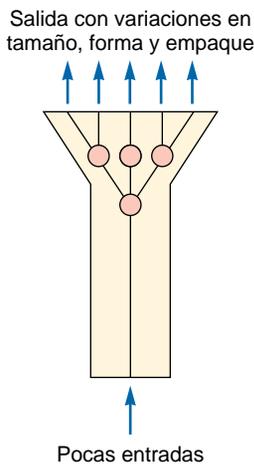
Enfoque en el producto
 Instalación organizada en torno a los productos; un proceso orientado al producto, de alto volumen y poca variedad.

Los procesos de alto volumen y poca variedad están enfocados en el producto. Las instalaciones se organizan en torno a los productos. También se conocen como *procesos continuos*, porque tienen corridas de producción grandes y continuas. Productos como papel, vidrio, hojas de estaño, focos, cerveza y tornillos se hacen con procesos continuos. Algunos productos, como los focos, son discretos; otros, como los rollos de papel, son no discretos. Otros más, como la cirugía de hernias, en el Hospital Shouldice, son servicios. Sólo mediante la estandarización y el control de la calidad efectivo las empresas han podido establecer instalaciones enfocadas en el producto. Una organización que produce el mismo foco o el mismo pan para hamburguesa día tras día se puede organizar en torno al producto. Este tipo de organización tiene la posibilidad inherente de fijar estándares y mantener una calidad determinada, al contrario de una organización que produce bienes únicos cada día, como un taller de impresión o un hospital general.

Una instalación con enfoque en el producto genera altos volúmenes y poca variedad. La naturaleza especializada de la instalación implica costos fijos altos, pero los costos variables bajos facilitan la alta utilización de la instalación. A continuación se presenta el ejemplo de Nucor.

Ejemplo 3

Enfoque en el producto (procesos continuos)



Producción con enfoque en el producto en Nucor Steel

El acero se fabrica en una instalación enfocada en el producto. La figura 4.4 muestra el flujo de trabajo centrado en el producto en Nucor Steel.

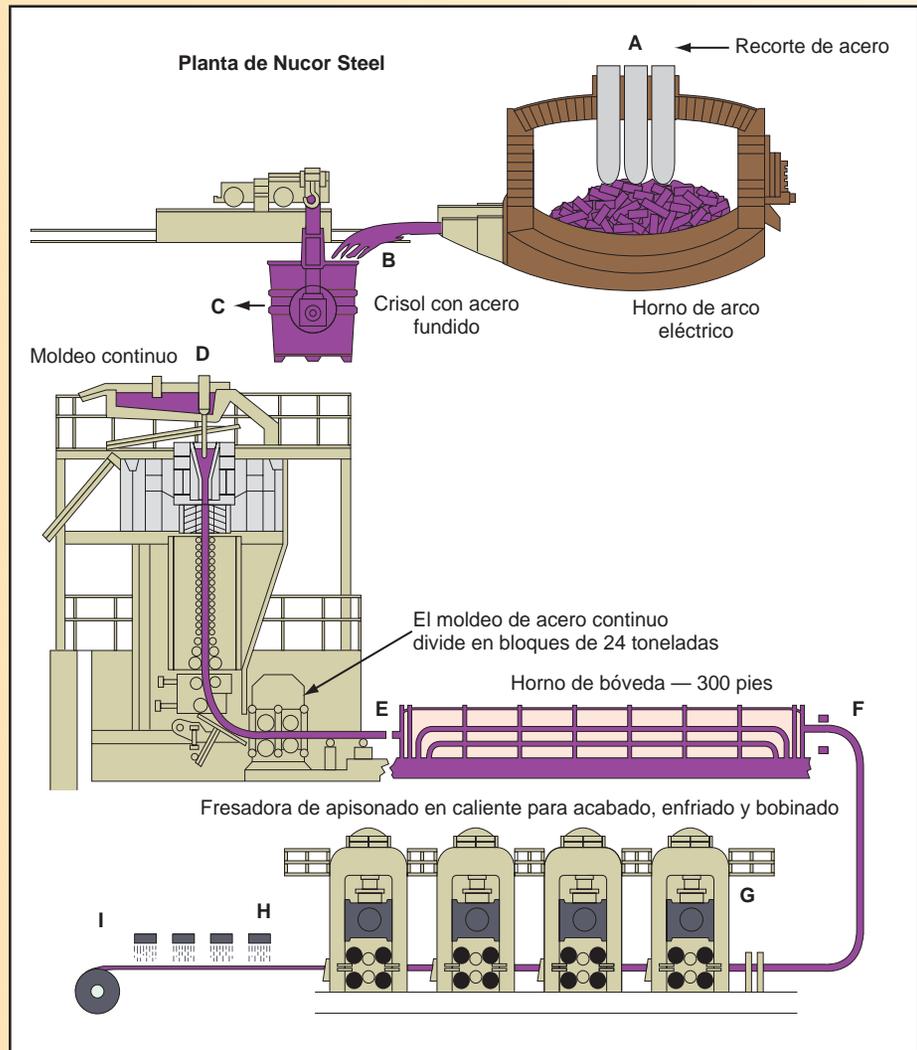


FIGURA 4.4 ■

Diagrama de flujo que ilustra el proceso de producción de acero en la planta de Nucor en Crawfordsville, Indiana

En el diagrama de flujo de este proceso, primero el recorte de acero frío se baja a un horno que usa arco eléctrico para fundir el acero en 20 segundos (A). Después el acero fundido se vierte del horno a un crisol precalentado (B). El crisol se mueve con una grúa elevada al vaciado continuo (C). El crisol se abre para verter el acero en el moldeo continuo (D). Después los moldes de acero salen en bloques de 2 x 52 pulgadas (E). Las piezas salen del horno de bóveda (F) a la temperatura específica necesaria para el apisonado. Si la temperatura de la pieza es uniforme se producirá una hoja de alta calidad. Después el acero entra en la fresa de apisonado (G). El acero apisonado en

caliente se enfría con agua antes de bobinarlo (H). La hoja de acero se enrolla en bobinas de alrededor de 25 toneladas cada una (I). Por último, una variedad de operaciones distintas llegan a modificar las características de la hoja de acero para cumplir las necesidades del cliente.

Nucor opera las 24 horas del día, seis días de la semana, el séptimo día lo dedica a las operaciones del programa de mantenimiento.

Enfoque en la personalización masiva

Nuestro mundo cada vez más rico y sofisticado demanda bienes y servicios individualizados. En la tabla 4.1 se muestra la abundante variedad de bienes y servicios que deben surtir los administradores de operaciones. La explosión en la variedad se observa en automóviles, películas, cereales para el desayuno y miles de productos. A pesar de esta proliferación de productos, ha mejorado la calidad y han bajado los costos. En consecuencia, esta abundancia de artículos está disponible para más personas que nunca. Los administradores de operaciones han producido esta selección de bienes y servicios a través de lo que se conoce como personalización masiva. Sin embargo, la personalización en masa no sólo se refiere a la variedad, sino a la elaboración en forma económica de *aquellos* que el cliente quiere *cuando* el cliente lo desea.

La **personalización masiva** es la producción rápida y de bajo costo de bienes y servicios que satisfacen los deseos cada vez más específicos del cliente. La personalización masiva nos brinda la variedad de productos que por tradición proporcionaba la manufactura de bajo volumen (enfoque en el proceso) al costo de la producción estandarizada de alto volumen (enfoque en el producto). No obstante, como se muestra en la parte superior derecha de la figura 4.1, producir para lograr la personalización en masa es un reto que exige mejorar las capacidades de operación. El vínculo entre ventas, producción y logística es mucho más estrecho.¹ Los administradores de operaciones deben hacer uso imaginativo y decidido de los recursos organizacionales para construir procesos ágiles que les permitan producir con rapidez y a bajo costo productos personalizados.

Dell Computer, el centro de atención del *Perfil global de la compañía* que abre este capítulo, ha demostrado que el rendimiento de la personalización masiva llega a ser fundamental. Los fabricantes más tradicionales incluyen a General Motors, la cual construye seis modelos diferentes en su línea de ensamble en Fairfax, Kansas. GM ajusta electrónicamente los robots soldadores y otros equipos, según llegan los diferentes modelos a la línea de ensamble. Además, la división Cadillac de GM fabrica actualmente automóviles personalizados en un tiempo de entrega de 10 días. Para no quedarse atrás, Toyota anunció recientemente la entrega de automóviles personalizados en cinco días. De manera parecida, los controles electrónicos permiten que los diseñadores en la industria textil ajusten sus líneas con rapidez para responder a los cambios.

La industria de servicios también se desplaza hacia la personalización masiva, por ejemplo, no hace muchos años la mayoría de personas contaba con un mismo servicio telefónico. Hoy, el servicio de teléfono ofrece muchas opciones, como la identificación de llamadas, llamada en espera, correo de voz y el redireccionamiento a otro número, para satisfacer necesidades específicas. Las compañías de seguros están agregando y adaptando nuevos productos en tiempos de desarrollo más cortos, para cubrir las necesidades

Personalización masiva

Producción rápida y de bajo costo que atiende los cambios constantes en los deseos personales del cliente.

TABLA 4.1 ■

La personalización masiva brinda más opciones que nunca^a

Fuentes: Varias, sin embargo, muchos datos provienen del Federal Reserve Bank of Dallas.

| ARTÍCULO | NÚMERO DE OPCIONES | |
|----------------------------------|----------------------|--------------------------|
| | PRINCIPIOS DE LOS 70 | PRINCIPIOS DEL SIGLO XXI |
| Modelos de vehículos | 140 | 260 |
| Estilos de vehículos | 18 | 1,212 |
| Tipos de bicicletas | 8 | 19 |
| Títulos de software | 0 | 300,000 |
| Sitios Web | 0 | 30,727,296 ^c |
| Lanzamiento de películas | 267 | 458 |
| Nuevos títulos de libros | 40,530 | 77,446 |
| Canales de TV en Houston | 5 | 185 |
| Cereales para el desayuno | 160 | 340 |
| Artículos (SKU) en supermercados | 14,000 ^b | 150,000 ^d |

^a Variedad disponible en Estados Unidos; en todo el mundo la variedad es aún mayor.

^b 1989

^c 2002 Net Names International Ltd.

^d SKU (unidades en almacén) manejados por la cadena de supermercados H. C. Butts.

¹ Paul Zipkin, "The Limits of Mass Customization", *MIT Sloan Management Review* (primavera de 2001): 81.

AO EN ACCIÓN

La personalización masiva en Borders Books y en Smooth FM Radio

¿Necesita usted un libro difícil de conseguir, de alta calidad y pasta dura en 15 minutos? Borders es capaz de cumplir su deseo, incluso si usted necesita un libro que la tienda no vende o no tiene en existencia. Primero, el empleado de Borders revisa la base de datos digital de los títulos con autorización editorial. Si está disponible, descarga un archivo digital del libro en dos impresoras desde el servidor central en Atlanta. Una impresora imprime las pastas y la otra las páginas interiores. Después, el empleado coloca ambas partes en una máquina de encuadernación. Otra máquina corta el libro a su tamaño, y ¡listo!, usted tiene el libro que quiere y Borders logró una venta. Los libros que se venden de esta forma evitan costos de inventario y de envío, así como los costos de regresar los libros que no se venden.

Smooth FM proporciona una transmisión de radio "personalizada" a Houston, Boston, Milwaukee, Albany y Jacksonville

desde su estación en el centro de Manhattan. Funciona como sigue. Durante los bloques de 40 minutos de música de Smooth FM, un ocupado locutor en Manhattan graba bloques de 30 segundos sobre el clima y el tráfico local, comerciales, promociones y otros de 5 segundos con la identificación de la estación. Después, transmite el material grabado a las estaciones afiliadas. Cuando el bloque musical termina, el locutor en Manhattan oprime un botón que ordena a las computadoras de todas las emisoras afiliadas que en forma simultánea saquen al aire los segmentos "locales" pregrabados. También puede agregarse desde Manhattan cualquier noticia o anuncio "nacional". El resultado es la economía de la producción masiva y un producto personalizado para el mercado local. Las personas del medio lo llaman "personalización local".

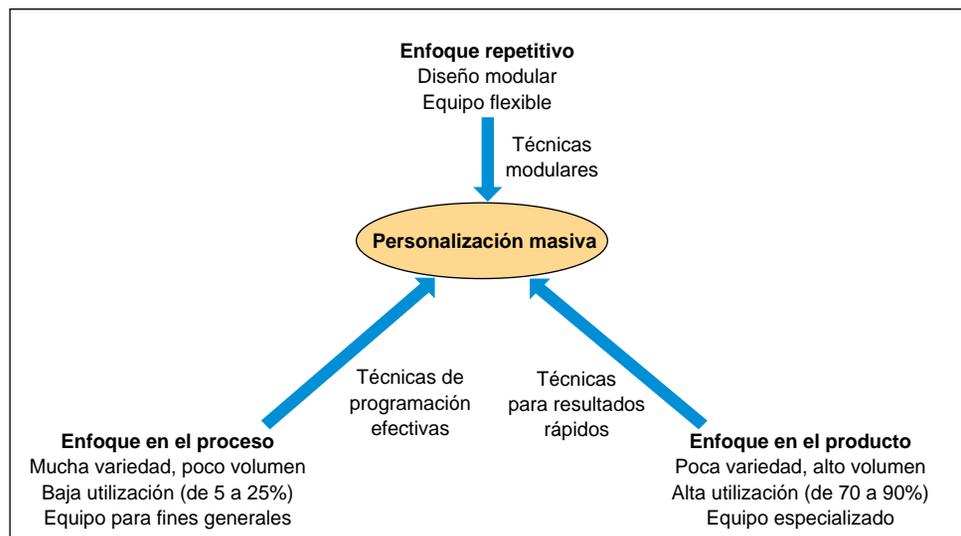
Fuentes: *The Wall Street Journal* (1o. de junio de 1999): B1, B4 y (17 de julio de 2000): R44; *Computer Networks* (junio de 2000): 609; y *Computerworld* (7 de junio de 1999): 6.

únicas de sus clientes. Y emusic, de California, mantiene un inventario de pruebas de música en Internet, que permite a los clientes seleccionar una docena de canciones y grabarlas en un CD personalizado, que la compañía envía hasta su puerta.² De igual forma, el creciente número de libros y películas que surgen cada año, exige que los administradores de operaciones construyan los procesos necesarios para ofrecer este gigantesco arreglo de opciones de bienes y servicios a los clientes.

Uno de los ingredientes esenciales de la personalización masiva es la confianza en el diseño modular. En todos los ejemplos citados, así como en el recuadro *AO en acción*, "La personalización masiva en Borders Books y en Smooth FM Radio", la clave es el diseño modular. No obstante, como se ve en la figura 4.5, también se requiere una programación efectiva y de resultados rápidos. Estos tres elementos —módulos imaginativos, programación vigorosa y resultados rápidos— influyen en las 10 decisiones de AO y, por lo mismo, requieren una excelente administración de operaciones. Por ejemplo, cuando la personalización masiva se hace bien, las organizaciones eliminan el trabajo de adivinanza que viene con los pronósticos de ventas y después la elaboración por pedido. Esto se traduce en inventarios menores, pero aumenta la presión en la programación y el desempeño de la cadena de suministro. La personalización masiva es difícil, pero las buenas organizaciones se dirigen hacia ella.

FIGURA 4.5 ■

Los administradores de operaciones usan módulos imaginativos, programación vigorosa y resultados rápidos para lograr la personalización masiva



² www.emusic.com

Comparación de las opciones de procesos

En la actualidad, las casas prefabricadas suman 32% de la vivienda nueva vendida en Estados Unidos. Esta industria ha aumentado sus ventas en la medida en que ha disminuido sus costos. Y lo logró al cambiar su enfoque en el proceso por un enfoque repetitivo.

Las características de los cuatro procesos se muestran en la tabla 4.2 y la figura 4.5. Existen ventajas en toda la gama de procesos y las empresas encuentran ventajas estratégicas en cualquiera de ellos. Cada uno de los procesos, cuando tienen una correspondencia adecuada con volumen y variedad, produce una ventaja de bajo costo. Por ejemplo, los costos unitarios serán menores en el caso del proceso continuo si existe un alto volumen (y alta utilización). Sin embargo, no siempre empleamos el proceso continuo (es decir, equipo e instalaciones especializadas) porque es demasiado costoso cuando el volumen es bajo o se requiere flexibilidad. Un bien o servicio de bajo volumen, único y altamente diferenciado, es más económico cuando su producción se centra en el proceso: ésta es la forma en que se organizan los restaurantes finos y los hospitales generales. De la misma manera en que los cuatro procesos pueden generar costos bajos, cuando se seleccionan y administran bien, también los cuatro pueden tener respuesta rápida y generar productos diferenciados.

La figura 4.5 indica que la utilización del equipo en una instalación enfocada en el proceso a menudo se encuentra en el intervalo de 5 a 25%. Cuando la utilización es mayor que 15%, resultaría ventajoso

TABLA 4.2 ■ Comparación de las características de cuatro tipos de procesos

| ENFOQUE EN EL PROCESO (BAJO VOLUMEN, ALTA VARIEDAD) (STANDARD REGISTER) | ENFOQUE REPETITIVO (MODULAR) (HARLEY-DAVIDSON) | ENFOQUE EN EL PRODUCTO (ALTO VOLUMEN, POCA VARIEDAD) (NUCOR STEEL) | PERSONALIZACIÓN MASIVA (ALTO VOLUMEN, ALTA VARIEDAD) (DELL COMPUTER) |
|---|---|---|--|
| 1. Se fabrican productos en pequeña cantidad y gran variedad. | 1. Con módulos, se hacen grandes corridas de productos estandarizados con opciones. | 1. Se fabrica gran cantidad de productos con poca variedad. | 1. Se fabrican productos en gran cantidad y mucha variedad. |
| 2. Se emplean equipos de propósito general. | 2. Equipos especiales ayudan en las líneas de ensamble. | 2. Se usan equipos especializados. | 2. Cambios rápidos en equipos flexibles. |
| 3. Los operarios tienen habilidades generales. | 3. La capacitación de los operadores es modesta. | 3. Los operarios tienen habilidades menos amplias. | 3. Se capacita a operarios flexibles en la personalización necesaria. |
| 4. Existen muchas instrucciones de trabajo porque cada tarea cambia. | 4. Las operaciones repetitivas reducen capacitación y cambios en instrucciones de trabajo. | 4. Pocas órdenes e instrucciones de trabajo debido a tareas estandarizadas. | 4. Los pedidos personalizados requieren muchas instrucciones de trabajo. |
| 5. Los inventarios de materia prima son altos comparados con el valor del producto. | 5. Se emplean técnicas de compra justo a tiempo. | 5. Los inventarios de materias primas son bajos comparados con el valor del producto. | 5. Los inventarios de materias primas son bajos comparados con el valor del producto. |
| 6. El producto en proceso es alto comparado con la producción. | 6. Se emplean técnicas de inventario justo a tiempo. | 6. El inventario de producto en proceso es bajo comparado con la producción. | 6. El inventario de producto en proceso disminuye con JIT, kanban producción esbelta. |
| 7. Las unidades se mueven despacio en la planta. | 7. El movimiento se mide en horas y días. | 7. El movimiento de unidades en la instalación es rápido. | 7. Los bienes se mueven con rapidez por las instalaciones. |
| 8. Los bienes terminados suelen hacerse por pedido y no se almacenan. | 8. Los bienes terminados se producen según pronósticos frecuentes. | 8. Los bienes terminados suelen producirse de acuerdo con el pronóstico y se almacenan. | 8. Los bienes terminados suelen hacerse sobre pedido. |
| 9. La programación de pedidos es compleja y relacionada con los trueques entre disponibilidad de inventario, capacidad y servicio al cliente. | 9. Programación basada en la construcción de varios modelos, a partir de diversos módulos, según los pronósticos. | 9. Programación relativamente sencilla e intenta establecer una tasa de producción promedio suficiente para satisfacer el pronóstico de ventas. | 9. Se requiere una programación sofisticada para ajustarse a pedidos personalizados. |
| 10. Los costos fijos tienden a ser bajos y los costos variables, altos. | 10. Los costos fijos dependen de la flexibilidad de las instalaciones. | 10. Los costos fijos tienden a ser altos y los costos variables, bajos. | 10. Los costos fijos tienden a ser altos, pero los costos variables deben ser bajos. |
| 11. El costeo se hace por trabajo y se estiman antes de realizarlo, pero sólo se conocen al terminarlo. | 11. Los costos suelen conocerse por la amplia experiencia. | 11. Como los costos fijos son altos, se depende en gran medida de la utilización de la capacidad. | 11. Los costos fijos altos y los costos variables dinámicos hacen que el costeo sea un reto. |

cambiar a un enfoque repetitivo o en el producto; o incluso en la personalización masiva. Usualmente existe una ventaja en costos cuando se mejora la utilización, si se mantiene la flexibilidad necesaria. McDonald's comenzó una nueva industria al mover su enfoque del proceso a la repetición. Hoy, McDonald's intenta agregar más variedad y se mueve hacia la personalización masiva (véase el *Perfil global de la compañía* que abre el capítulo 6).

Mucho de lo que se produce en el mundo aún se produce en lotes muy pequeños, a menudo tan pequeños como una unidad. Esto es cierto en los servicios legales, médicos, dentales y restaurantes. Una máquina de rayos X en un consultorio dental y gran parte del equipo en un restaurante de lujo tienen poca utilización. También es de esperarse que los hospitales se encuentren en esa situación, lo cual sugerirá por qué sus costos se consideran altos. ¿Por qué ocurre la baja utilización? En parte porque es deseable tener un exceso de capacidad para las cargas pico de trabajo. Los administradores de los hospitales, así como los gerentes de otras instalaciones de servicios y sus pacientes y clientes, esperan que el equipo esté disponible cuando se necesite. Otra razón es una programación deficiente (aun cuando se han realizado considerables esfuerzos para pronosticar la demanda en la industria de servicios) y el desequilibrio que resulta en el uso de las instalaciones.

Gráficas cruzadas La comparación de procesos mejoraría todavía más si se observa el punto donde cambia el costo total del proceso. Por ejemplo, la figura 4.6 nos muestra en una sola gráfica las tres alternativas de proceso. Esta gráfica algunas veces se llama **gráfica cruzada**. El proceso A tiene los costos más bajos para volúmenes por abajo de V_1 , el proceso B tiene el costo más bajo entre V_1 y V_2 , y el proceso C tiene el costo más bajo con volúmenes arriba de V_2 .

El ejemplo 4 ilustra cómo se determina el volumen exacto donde un proceso se vuelve más caro que otro.

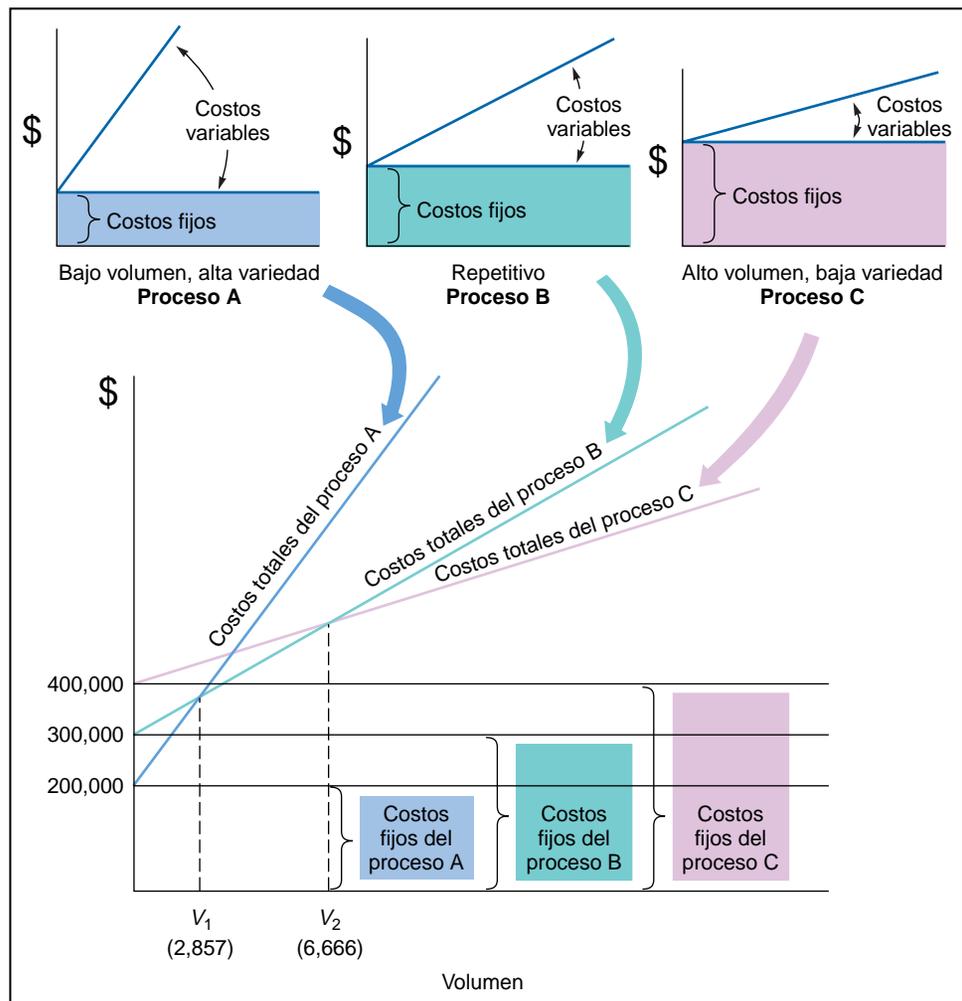
Gráfica cruzada

Gráfica de costos de los volúmenes posibles para más de un proceso.

FIGURA 4.6 ■

Gráficas cruzadas

Se puede esperar que tres procesos diferentes tengan tres costos distintos. Sin embargo, para un volumen determinado, sólo uno tendrá el menor costo.



Ejemplo 4

Kleber Enterprises evalúa tres productos de software de contabilidad (A, B y C) para apoyar los cambios en sus procesos contables internos. Los procesos resultantes tendrán estructuras de costo parecidas a las de la figura 4.6. Los costos del software para dichos procesos son:

| | COSTO FIJO TOTAL | DÓLARES REQUERIDOS POR REPORTE CONTABLE |
|------------|---------------------|--|
| SOFTWARE A | \$200,000 | \$60 |
| SOFTWARE B | \$300,000 | \$25 |
| SOFTWARE C | \$400,000 | \$10 |

El software A produce un proceso más económico hasta V_1 , ¿pero hasta qué número exacto de reportes (volumen)? Para determinar el volumen V_1 , establecemos que el costo del software A es igual al de B. V_1 es el volumen desconocido.

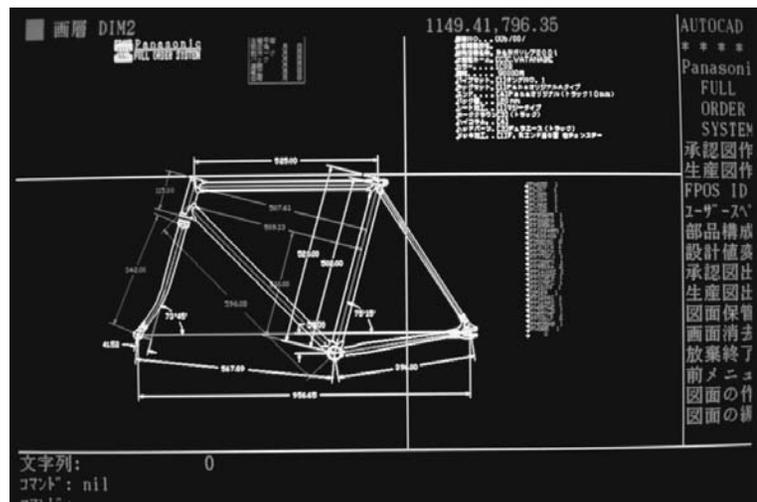
$$\begin{aligned} 200,000 + (60) V_1 &= 300,000 + (25)V_1 \\ 35 V_1 &= 100,000 \\ V_1 &= 2,857 \end{aligned}$$

Esto significa que el software A es más económico de 0 a 2,857 reportes (V_1). De igual forma, para determinar el punto de cruce V_2 , igualamos el costo del software B al de C.

$$\begin{aligned} 300,000 + (25) V_2 &= 400,000 + (10)V_2 \\ 15 V_2 &= 100,000 \\ V_2 &= 6,666 \end{aligned}$$

Esto dice que el software B es más económico si el número de reportes está entre 2,857 (V_1) y 6,666 (V_2), y que el software C es más económico si el número de reportes excede 6,666 (V_2).

Como se observa, el software seleccionado depende en gran medida del volumen pronosticado.



La personalización masiva mejora el servicio al cliente y proporciona ventaja competitiva. El proceso de producción de las bicicletas personalizadas de National Bicycle comienza con la definición de las necesidades del cliente. El comprador se monta en un cuadro especial en la tienda de bicicletas para que le tomen medidas. Estas medidas se envían a la fábrica, donde CAD produce un diseño preliminar en aproximadamente 3 minutos. Al mismo tiempo se prepara la etiqueta con el código de barras que identificará los componentes en su recorrido por producción. El tiempo de fabricación de la bicicleta es sólo 3 horas.

Las organizaciones ágiles tienen una respuesta rápida y flexible a los siempre cambiantes requerimientos del cliente.

Procesos cambiantes Cambiar un sistema de producción de un modelo de proceso a otro es difícil y costoso. En algunos casos el cambio significa comenzar de nuevo. Piense qué sería necesario para un cambio bastante sencillo, por ejemplo, que McDonald's agregara la flexibilidad necesaria para servir una hamburguesa al carbón. Lo que parece ser bastante directo requerirá cambios en muchas de las 10 decisiones de AO. Por ejemplo, podría ser necesario cambiar **1.** compras (una calidad distinta de carne, quizá con más contenido de grasa, y artículos como carbón); **2.** estándares de calidad (en cuánto tiempo y a qué temperatura se cuecen bien las croquetas); **3.** equipo (la parrilla); **4.** distribución física (espacio para el nuevo proceso y para las campanas de desahogo), y **5.** capacitación. Por lo tanto, la elección de dónde operar en el continuo de estrategias puede determinar la estrategia de transformación por un periodo largo. La decisión crucial debe estar bien tomada la primera vez.

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROCESO

Cuando analizamos y diseñamos los procesos de transformación de recursos en bienes y servicios, nos planteamos preguntas como las siguientes:

- ¿Está diseñado el proceso para lograr una ventaja competitiva en términos de diferenciación, respuesta o bajo costo?
- ¿El proceso elimina pasos que no agregan valor?
- ¿El proceso maximiza el valor para el cliente según lo percibe el cliente?
- ¿El proceso permitirá obtener pedidos?

Cada paso de su proceso debe agregar valor.

Ciertas herramientas nos ayudan a comprender las complejidades del diseño y rediseño del proceso. Son maneras sencillas para que tenga sentido lo que sucede o debe suceder en un proceso. Examinemos cuatro de ellas: diagramas de flujo, gráfica de la función-tiempo, diagramas del proceso y diseño preliminar del servicio.

Diagrama de flujo

Diagrama de flujo
Dibujo empleado para analizar el movimiento de personas o materiales.

La primera herramienta es el **diagrama de flujo**, que es un esquema o dibujo del movimiento de materiales, productos o personas. Por ejemplo, las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 muestran los procesos de Standard Register, Harley-Davidson y Nucor Steel, respectivamente. Estos diagramas ayudan a entender, analizar y comunicar un proceso.

Gráfica de función-tiempo

Gráfica de función-tiempo (o mapeo del proceso)

Diagrama de flujo al que se agrega el tiempo en el eje horizontal.

Una segunda herramienta para el análisis y diseño del proceso es un diagrama de flujo, al cual se agrega el tiempo en el eje horizontal. Estas gráficas se denominan **gráfica de función-tiempo** o **mapeo del proceso**. En las gráficas de función-tiempo los nodos indican actividades y las flechas, la dirección del flujo en el tiempo, con el tiempo en el eje horizontal. Este tipo de análisis permite que los usuarios identifiquen y eliminen desperdicios, como pasos de más, duplicidades y demoras. La figura 4.7(a, b) muestra el uso de la gráfica del proceso antes y después de la mejora del proceso en American National Can Company. En este ejemplo, la reducción sustancial de los tiempos de espera y las mejoras del procesamiento de pedidos contribuyeron a un ahorro de 46 días.

Diagramas del proceso

Diagramas del proceso
Diagramas que usan símbolos para analizar el movimiento de personas y materiales.

La tercera herramienta es el *diagrama del proceso*. Los **diagramas del proceso** comprenden símbolos, tiempo y distancia, con la finalidad de ofrecer una forma objetiva y estructurada para analizar y registrar las actividades que conforman un proceso.³ Permiten centrar la atención en las actividades que agregan valor. Por ejemplo, en la figura 4.8 que incluye el método actual para la preparación de una hamburguesa en un restaurante de comida rápida, incluye una línea de valor agregado para ayudarnos a distinguir entre las actividades que agregan valor y el desperdicio. Identificar todas las operaciones que agregan valor (al contrario de inspección, almacenamiento, demoras y transporte, que no agregan valor) nos permite determinar el porcentaje de valor agregado para todas las actividades.⁴ Del cálculo al final de la figura 4.8, podemos observar que el valor agregado en este caso es 85.7%. La labor del administrador de operaciones es reducir el desperdicio e incrementar el porcentaje de valor agregado. Los elementos sin valor agregado son desperdicio; son recursos que la empresa y la sociedad pierden para siempre.

³Un ejemplo adicional de diagrama del proceso se muestra en el capítulo 8, "Recursos humanos y diseño del trabajo".

⁴Los desperdicios incluyen: *inspección* (si la tarea se realizó de manera apropiada, la inspección es innecesaria); *transporte* (aunque el movimiento de material dentro de un proceso sea un mal necesario, no agrega valor); *demora* (un activo ocioso que usa espacio es desperdicio); *almacenamiento* (a menos que sea parte del proceso "de reparación", el almacenamiento es desperdicio).

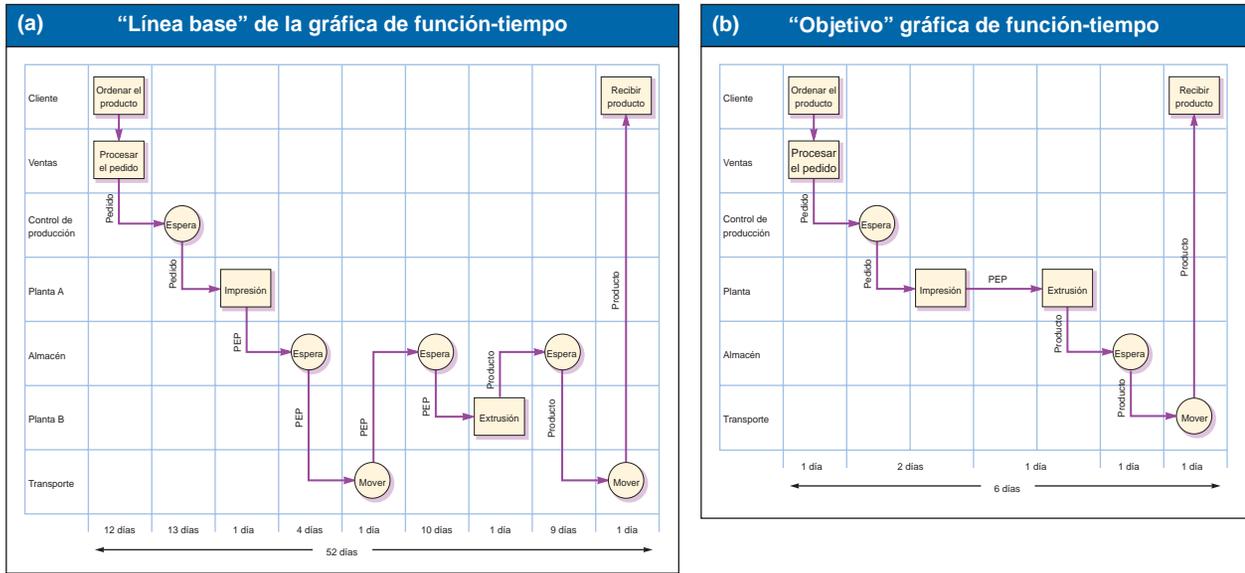


FIGURA 4.7 ■ Gráfica de función-tiempo (mapeo del proceso) para un producto que requiere operaciones de impresión y de extrusión en American National Can Company

Esta técnica muestra con claridad que la espera y el procesamiento de pedidos contribuyen de manera sustancial a los 46 días que pueden eliminarse en esta operación.

Fuente: Resumido de "Faster, Better, and Cheaper" de Elaine J. Labach en *Target*, núm. 5 (invierno de 1991): 43; con autorización de la Association for Manufacturing Excellence, 380 West Palatine Road, Wheeling, IL 60090-5863, 847/520-3282. www.ame.org.

| Método actual <input checked="" type="checkbox"/> | | DIAGRAMA DEL PROCESO | | Método propuesto <input type="checkbox"/> | |
|--|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|---|--|
| CONTENIDO DEL DIAGRAMA <u>Proceso de ensamble de hamburguesa</u> | | | FECHA <u>1/1/03</u> | | |
| | | | ELABORADO POR <u>KH</u> | | |
| DEPARTAMENTO _____ | | | DIAGRAMA NÚM. <u>1</u> | | |
| | | | HOJA NÚM. <u>1</u> DE <u>1</u> | | |
| DISTAN- CIA EN PIES | TIEMPO EN MINUTOS | SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | | |
| | — | ○ → □ ▽ | Croquetas de carne almacenadas | | |
| 1.5 | .05 | ○ → □ ▽ | Transferir a la parrilla | | |
| | 2.50 | ○ → □ ▽ | Parrilla | | |
| | .05 | ○ → □ ▽ | Inspección visual | | |
| 1.0 | .05 | ○ → □ ▽ | Transferir al anaquel | | |
| | .15 | ○ → □ ▽ | Almacenamiento temporal | | |
| .5 | .10 | ○ → □ ▽ | Obtener bollos, lechuga, etc. | | |
| | .20 | ○ → □ ▽ | Ensamblar el pedido | | |
| .5 | .05 | ○ → □ ▽ | Colocar en el anaquel final | | |
| | | ○ → □ ▽ | | | |
| 3.5 | 3.15 | 2 4 1 - 2 | TOTALES | | |
| Tiempo con valor agregado = Tiempo de operación / tiempo total = (2.50+.20)/3.15 = 85.7% | | | | | |

○ = operación; → = transporte; □ = inspección; ▽ = demora; ▽ = almacenamiento.

FIGURA 4.8 ■ Diagrama del proceso que muestra el proceso de ensamble de una hamburguesa en un restaurante de comida rápida

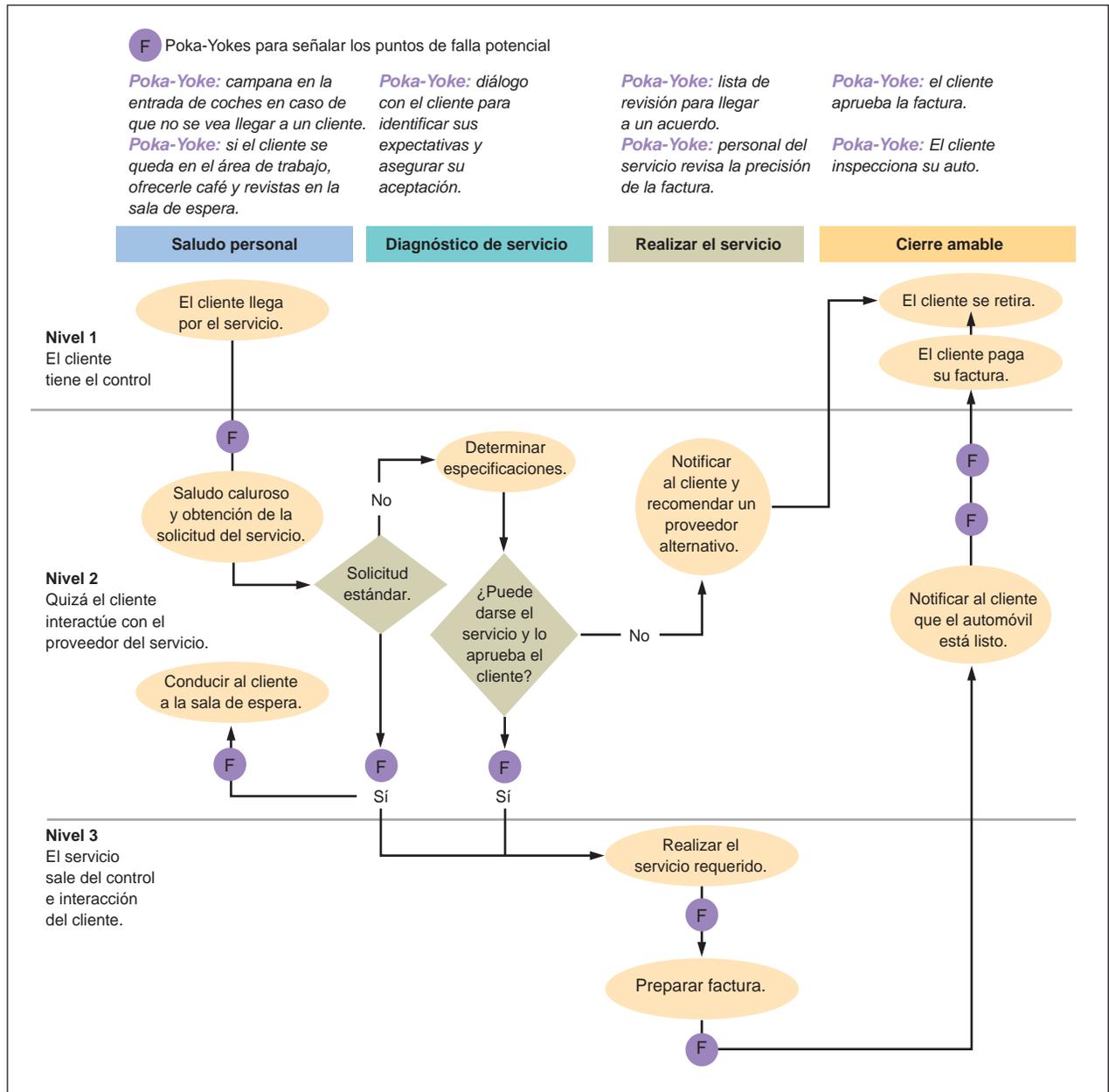


FIGURA 4.9 ■ Diseño preliminar del servicio en Speedy Lube, Inc.

Diseño preliminar del servicio

Diseño preliminar del servicio

Técnica para el análisis del proceso que se presta para enfocarse en el cliente y en la interacción del proveedor con el cliente.

En ocasiones, los productos con alto contenido de servicio justifican una cuarta técnica de proceso. El **diseño preliminar del servicio** es una técnica de análisis del proceso que se enfoca en el cliente y la interacción del proveedor con el cliente.⁵ Por ejemplo, las actividades en el nivel 1 de la figura 4.9 están bajo el control del cliente. En el segundo nivel se encuentran las actividades del proveedor del servicio interactuando con el cliente. En el tercer nivel se incluyen aquellas actividades que se verifican lejos del cliente y que él no observa. Cada nivel sugiere diferentes aspectos de administración. Por ejemplo, el nivel superior puede sugerir educar al cliente o modificar sus expectativas, mientras que el segundo requeriría un enfoque en la selección y la capacitación del personal. Por último, el tercer nivel se presta para las innovaciones del proceso más usuales. El esquema del servicio que se muestra en la figura 4.9 también señala puntos

⁵El término *diseño preliminar del servicio* se atribuye a G. L. Shostack. Véase G. L. Shostack, "Designing Services That Deliver", *Harvard Business Review* 62, núm. 1 (enero-febrero de 1984): 133-139.

potenciales de falla y muestra cómo se agregan los poka-yokes para mejorar la calidad.⁶ Las consecuencias de estos puntos de falla se reducirían de manera importante si se identifican en la etapa de diseño, donde es posible incluir las modificaciones y poka-yokes adecuados.

Cada una de estas herramientas de análisis del proceso tiene sus propias fortalezas y variaciones. Los diagramas de flujo son una forma rápida de obtener un panorama global y de intentar que tenga sentido el sistema completo. La gráfica de función-tiempo agrega cierto rigor y un elemento de tiempo al macroanálisis. Los diagramas de proceso están diseñados para brindar una visión mucho más detallada del proceso, agregando elementos como el tiempo con valor agregado, demoras, distancia y almacenamiento, entre otros. Por otra parte, el esquema del servicio está diseñado para enfocarnos en parte de interacción con el cliente en el proceso del servicio. Debido a que la interacción del cliente suele ser una variable importante en el diseño del proceso, ahora examinaremos otros aspectos del diseño del proceso de servicio.

DISEÑO DEL PROCESO DE SERVICIO

La interacción con el cliente a menudo afecta de manera adversa la ejecución del proceso. Pero un servicio, por su naturaleza, implica la necesidad de cierta interacción y personalización. Al reconocer que los deseos del cliente tienden a ir en contra del proceso, cuanto más se interese el administrador en diseñar un proceso que se ajuste a estos requerimientos, más efectivo y eficiente será el proceso. Observe lo bien que Dell Computer ha manejado la interfase entre el cliente y el proceso a través de Internet (véase el *Perfil global de la compañía* que abre este capítulo). La cuestión está en encontrar la combinación correcta de costo e interacción del cliente.

Interacción con el cliente y diseño del proceso

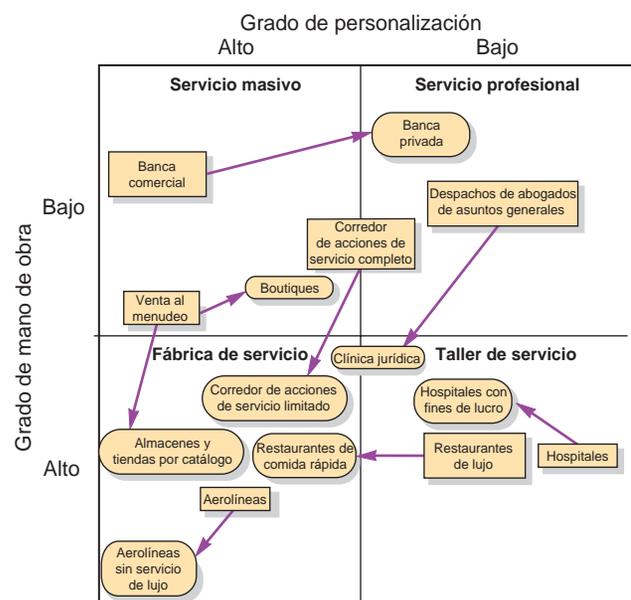
Los cuatro cuadrantes de la figura 4.10 proporcionan información adicional de la forma en que los administradores de operaciones diseñan los procesos de servicio para encontrar la mejor combinación de interacción con el cliente y la personalización relacionada. Las 10 decisiones de operaciones introducidas en el capítulo 2 se usan con un énfasis diferente en cada cuadrante. Por ejemplo:

- En las secciones (cuadrantes) superiores, *servicio masivo* y *servicio profesional*, donde el *contenido laboral es alto*, se espera que el administrador se enfoque de manera importante en los recursos humanos. Estos cuadrantes requieren que los administradores encuentren las formas de considerar aspectos únicos que satisfagan a los clientes y les permitan ganar pedidos. Esto suele hacerse en servicios muy personalizados que requieren gran participación laboral y, por tanto, una selección y capacitación cuidadosas en el área de recursos humanos. Esto es particularmente cierto en el cuadrante de los servicios profesionales.

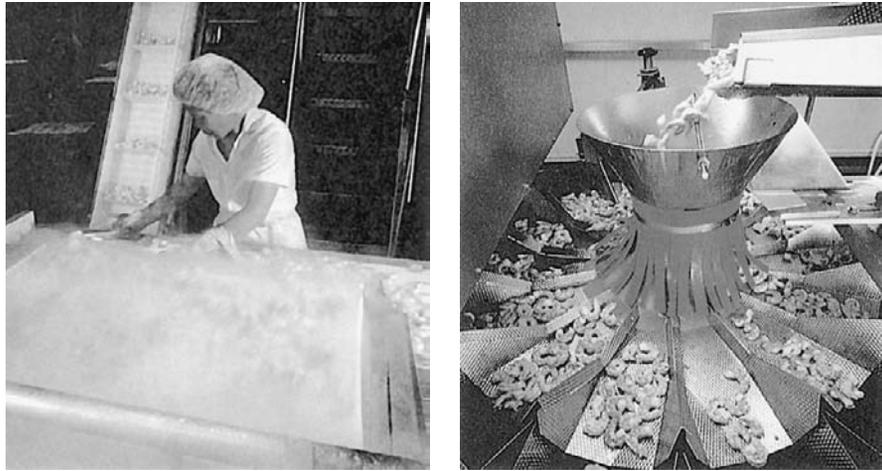
FIGURA 4.10 ■

Cambios en la operación dentro en la matriz del proceso de servicio

Fuente: Adaptado del trabajo de Roger Schmenner, "How Can Service Business Survive and Prosper?" *Sloan Management Review* (primavera de 1986): 21-32. Reimpreso con autorización del editor. Copyright © 1986 por Sloan Management Review Association. Todos los derechos reservados.



⁶Presentaciones relacionadas con los poka-yokes en los servicios se encuentran en el trabajo de R. B. Chase y D. M. Stewart, "Make Your Service Fail-Safe", *Sloan Management Review* (primavera de 1994): 34-44.



Restaurantes como Darden's Red Lobster, son parte de la industria de servicios, pero también son el final de una larga línea de producción. Al principio de la línea, entra la materia prima, en Red Lobster significa 60 millones de libras de alimentos del mar cada año. La comida se compra en todas partes del mundo. El camarón llega congelado en cajas desde Ecuador y Tailandia a la planta de procesamiento de Red Lobster en St. Petersburg, Florida. Ahí el camarón se carga en una banda de transporte que lo lleva a las zonas de pelado, desvenado, cocido, congelado rápido (izquierda), selección (derecha) y reempaque, para su entrega a cada uno de los restaurantes.

- Los cuadrantes con *baja personalización* son capaces de **1.** estandarizar o restringir algunas ofertas del servicio, como lo hacen los restaurantes de comida rápida; **2.** automatizar, como lo hacen algunas aerolíneas que cuentan con máquinas para la venta de boletos, y **3.** quitar ciertos servicios, por ejemplo, la asignación de asientos, como lo hace Southwest Airlines. La descarga de algunos aspectos del servicio mediante la automatización puede exigir innovaciones en el diseño del proceso así como inversión de capital. Tal es el caso de las máquinas de venta de boletos de aviación y los cajeros automáticos de los bancos. Es posible que el movimiento hacia la estandarización y la automatización requiera un mayor gasto de capital, asimismo será necesario presionar a los administradores de operaciones para que desarrollen nuevas habilidades en la compra y mantenimiento de los equipos. Reducir una posibilidad de personalización requerirá el fortalecimiento de otras áreas.
- Como la retroalimentación es menor en los cuadrantes con *baja personalización*, para mantener los estándares de calidad podría ser necesario ejercer un estricto control.
- Las operaciones con *baja intensidad de fuerza laboral* sirven bastante bien para las innovaciones en la tecnología de proceso y en la programación.

La tabla 4.3 muestra algunas otras técnicas para la innovación en el diseño del proceso para los servicios. El administrador debe enfocarse en el diseño de procesos innovadores que mejoren el servicio. Por ejemplo, el *autoservicio* en los supermercados reduce los costos al tiempo que permite que los clientes busquen las características específicas que desean, como frescura o color. Dell Computer ofrece otra versión del autoservicio al hacer posible que los clientes diseñen su propio producto en la Web. Esto parece gustarle al cliente y resulta más rápido y barato para Dell.

Más oportunidades para mejorar los procesos de servicio

Distribución El diseño de la distribución del lugar es una parte integral de muchos procesos de servicio, en particular en la venta al menudeo, restaurantes y bancos. En la venta al menudeo, la distribución brinda no sólo exposición del producto, sino también instrucción al cliente y mejora del producto. En los restaurantes, la distribución física mejora la experiencia de la comida, a la vez que proporciona un flujo eficaz entre el bar, la cocina y el área de mesas. En los bancos, da seguridad, fluidez y comodidad personal. Puesto que la distribución física es una parte integral de muchos servicios, representa una oportunidad permanente para ganar pedidos.

Recursos humanos Debido a que muchos servicios implican interacción con el cliente (como se sugiere en los cuadrantes superiores de la figura 4.10) los aspectos de recursos humanos para reclutar y capacitar son elementos importantes en los procesos de servicio. Además, una fuerza de trabajo comprometida con flexibilidad en los horarios y capacitación cruzada para suplir cuando los procesos no requieren una persona de tiempo completo, puede tener un enorme efecto en el desempeño general del proceso.

TABLA 4.3 ■

Técnicas para mejorar la productividad del servicio

| ESTRATEGIA | TÉCNICA | EJEMPLO |
|-----------------------|--|--|
| <i>Separación</i> | <i>Estructuración del servicio</i> para que el cliente acuda a donde se ofrece el servicio | Los clientes de un banco acuden al gerente para abrir una nueva cuenta, a los ejecutivos de préstamos para un crédito y a los cajeros para depositar |
| <i>Autoservicio</i> | <i>Autoservicio</i> para que el cliente examine, compare y evalúe a su propio paso | Supermercados y tiendas departamentales |
| <i>Posposición</i> | <i>Personalización en la entrega</i> | Personalizar las camionetas <i>van</i> en la entrega en lugar de en la producción |
| <i>Enfoque</i> | <i>Restricción de oferta</i> | Restaurante con menú limitado |
| <i>Módulos</i> | Selección del servicio <i>modular</i> Producción <i>modular</i> | Selección de inversiones y seguros Módulos preempacados en los restaurantes |
| <i>Automatización</i> | <i>Separación de los servicios</i> que se prestan para cierto tipo de automatización | Cajeros automáticos |
| <i>Programación</i> | <i>Programación</i> del personal precisa | Programación del personal del mostrador y registro de pasajeros en intervalos de 15 minutos para las aerolíneas |
| <i>Capacitación</i> | <i>Aclaración de las opciones de servicio</i> <i>Explicación de cómo evitar los problemas</i> | Asesor de inversiones, encargados de funerales Personal de mantenimiento después de la venta |

SELECCIÓN DE EQUIPO Y TECNOLOGÍA

En última instancia, las decisiones acerca de un proceso particular requieren decisiones de equipo y tecnología. Esas decisiones resultarían complicadas puesto que existen métodos alternativos de producción en casi todas las funciones de operación, ya sean hospitales, restaurantes o instalaciones de manufactura. Elegir el mejor equipo significa comprender una industria específica y los procesos y tecnologías disponibles. Seleccionar el equipo, llámese una máquina de rayos X para un hospital, un torno controlado por computadora para una fábrica o una nueva computadora para una oficina, requiere considerar costo, calidad, capacidad y flexibilidad. Para tomar esta decisión, el personal de operaciones prepara la documentación que indica la capacidad, el tamaño y las tolerancias de cada opción, así como sus necesidades de mantenimiento. Cualquiera de estos atributos llega a ser un factor decisivo en la selección.

La selección del equipo para un tipo de proceso específico ofrece también una ventaja competitiva. Muchas empresas, por ejemplo, desarrollan máquinas o técnicas únicas dentro de los procesos establecidos que ofrecen ventajas. En ocasiones, tales ventajas dan como resultado mayor flexibilidad para satisfacer los requerimientos del cliente, menor costo o calidad más alta. La innovación y la modificación del equipo también puede derivar en un proceso de producción más estable que necesite menos ajustes, mantenimiento y capacitación del operario. En cualquier caso, el equipo especializado a menudo representa una forma de ganar clientes.

La tecnología moderna también permite que los administradores de operaciones amplíen el alcance de sus procesos. Como resultado, un atributo que conviene buscar en la selección de nuevos equipos y procesos es la flexibilidad. La **flexibilidad** es la habilidad de respuesta con pocas consecuencias adversas de tiempo, costo o valor para el cliente. Esto representaría equipo modular, móvil y económico. Flexibilidad también significa el desarrollo de equipos electrónicos complejos, que proporcionan los cambios cada vez más rápidos que demanda la personalización masiva. Los avances tecnológicos que influyen en la estrategia de proceso de AO son sustanciales y se analizan a continuación.

Flexibilidad

Habilidad para responder con pocas consecuencias adversas de tiempo, costo o valor para el cliente.

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos que mejoran la producción y la productividad tienen una amplia gama de aplicaciones tanto en la manufactura como en los servicios. En esta sección introducimos nueve áreas de tecnología: **1.** tecnología de maquinaria; **2.** sistema de identificación automatizado (AIS); **3.** control del proceso; **4.** sistemas de visión; **5.** robots; **6.** sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS); **7.** vehículo de guía automatizada (AGU); **8.** sistemas de manufactura flexible (FMS), y **9.** manufactura integrada por computadora (CIM).

Tecnología de maquinaria

La mayor parte de la maquinaria que realiza operaciones de corte, perforación, barrenado y fresado ha tenido progresos gigantescos en precisión y control. La nueva maquinaria produce componentes de metal

En la industria del autotransporte, tres factores clave para el éxito son: **1. entregar los embarques al cliente con prontitud (respuesta rápida); 2. mantener los camiones ocupados (utilización de la capacidad), y 3. compra de combustible a precios económicos (hacer que bajen los costos).** En la actualidad muchas empresas han desarrollado dispositivos como el mostrado en la fotografía (derecha) para dar seguimiento a los camiones y facilitar la comunicación entre despachadores y choferes. Estos sistemas emplean también los



satélites de posicionamiento global (como se muestran a la izquierda) aceleran la respuesta de los embarques, maximizan la utilización de los camiones y aseguran la compra de combustible en los sitios más económicos.



que varían menos de una micra, 1/76 del grosor de un cabello humano. Aceleran el agua a tres veces la velocidad del sonido para cortar titanio en la elaboración de herramientas quirúrgicas. La maquinaria del siglo XXI suele ser cinco veces más productiva que la de generaciones anteriores, al tiempo que es más pequeña y usa menos energía. Los ahorros en espacio y energía son significativos; los continuos avances en lubricantes hoy hacen posible el uso de lubricantes con base de agua en lugar de aceite. El empleo de lubricantes con base de agua elimina los desperdicios peligrosos, pero quizá aún más importante, la sustitución de aceite con agua permite recuperar y reciclar las virutas con facilidad.

La inteligencia actualmente disponible, a través chips de computadora para el control de la nueva maquinaria, permite hacer artículos más complejos y precisos en menos tiempo. Los controles electrónicos aumentan la velocidad, puesto que acortan el tiempo de conversión de procesos, reducen el desperdicio (debido a menos errores) y mejoran la flexibilidad. La maquinaria con computadora y memoria propias se denomina maquinaria con **control numérico por computadora (CNC)**.

Versiones avanzadas de esta tecnología se usan en la planta de hélices de turbina de Pratt and Whitney en Connecticut. La maquinaria ha mejorado las tareas de carga y alineación de tal forma que Pratt ha reducido el tiempo total del proceso de esmerilado de las hélices de turbina de 10 días a 2 horas. La nueva maquinaria también ha contribuido en las mejoras del proceso y ahora las hélices sólo se desplazan en la planta 1,800 pies, en lugar de 8,100. El tiempo total de producción para una hélice de turbina disminuyó de 22 a 7 días.⁷

Sistema de identificación automatizado (AIS)

Los nuevos equipos, de la maquinaria de control numérico por computadora a las máquinas de cajero automático, se controlan mediante señales digitales electrónicas. Los electrones son un gran medio para la transmisión de información, pero tiene una limitación importante: la forma original de los datos de administración de operaciones no es en bits o bytes. Por lo tanto, los administradores de operaciones deben transformar los datos a una forma electrónica. La conversión a datos digitales se logra con teclados de computadora, códigos de barras, frecuencias de radio, caracteres ópticos en los cheques de banco, etcétera. Estos **sistemas de identificación automatizados (AIS)** ayudan a cambiar los datos a una forma electrónica donde es muy fácil manipularlos. Algunos ejemplos innovadores en AO son:

- Enfermeras que reducen los errores en los hospitales al asociar los códigos de barras de los medicamentos con los brazaletes de identificación del paciente.
- La identificación de radiofrecuencias (RFID, *radio frequency identification*), que se emplea para rastrear todo, desde una mascota hasta paletas de embarque. Como los chips de RFID envían señales a través de sus minúsculas antenas de radio, se elimina la necesidad de los códigos de barra externos y el escáner.
- Los *transponders* (transmisores con respuesta) integrados a los automóviles permiten que McDonald's identifique y facture a los clientes, que ahora pueden pasar por la línea de servicio en auto sin tener que detenerse a pagar. Los *transponders* usan la misma tecnología que permite a los conductores pasar por las casetas de algunas carreteras de cuota sin detenerse. El personal de operaciones de McDonald's está instalando antenas que responden a los *transponders*, y se estima que el cambio reducirá 15 segundos el tiempo de salida.

⁷Steve Liesman, "Better Machine Tools Give Manufacturers Newfound Resilience", *The Wall Street Journal* (15 de febrero de 2001): A1, A8.

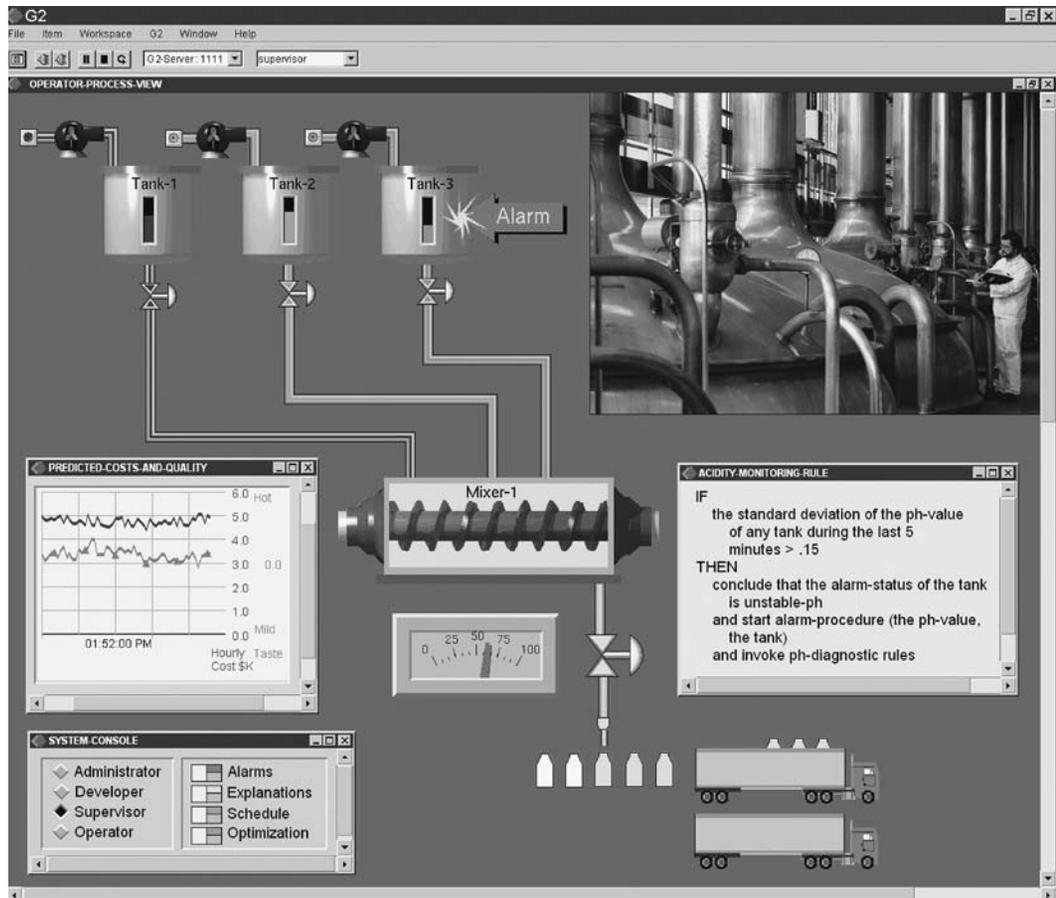
Control numérico por computadora (CNC)

Maquinaria con su propia computadora y memoria.

Sistema de identificación automatizado (AIS)

Sistema para transformar datos a la forma electrónica, por ejemplo, los códigos de barras.

El software para el control de procesos, como el Factory Link IV que se muestra aquí, controla el flujo de azúcares y frutas a la mezcladora de jugo. El reporte de producción, que aparece en la esquina inferior izquierda, proporciona el estado actual del proceso.



Control de proceso

Control de proceso

Uso de tecnología de la información para controlar un proceso físico.

El **control de proceso** es el uso de tecnología de la información para monitorear y controlar un proceso físico. Por ejemplo, el control de proceso se utiliza para medir el contenido de humedad y el grosor del papel mientras recorre una máquina de papel a miles de pies por minuto. El control de proceso también se usa para determinar y controlar temperaturas, presiones y cantidades en refinerías de petróleo, procesos petroquímicos, plantas de cemento, laminadoras de acero, reactores nucleares y otras instalaciones enfocadas al producto.

Los sistemas de control de proceso operan de varias maneras, pero las siguientes son las más comunes:

- Los sensores —a menudo dispositivos analógicos— recolectan datos.
- Los dispositivos analógicos leen los datos con cierta periodicidad, quizá una vez por minuto o una vez por segundo.
- Las medidas se traducen en señales digitales que se transmiten a una computadora digital.
- Los programas de computadora leen archivos (los datos digitales) y analizan los datos.
- La salida obtenida toma numerosas formas, que incluyen mensajes en computadoras o impresoras, señales para que los motores cambien la disposición de válvulas, luces de precaución en hornos, gráficas de control estadístico de procesos o esquemas como el que se muestra en la fotografía anterior.

Sistemas de visión

Sistemas de visión

Uso de cámaras y tecnología de computadora en las funciones de inspección.

Los **sistemas de visión** combinan cámaras de video y tecnología de computadora, y a menudo se usan en funciones de inspección. La inspección visual es una tarea importante en casi todas las organizaciones dedicadas al procesamiento de alimentos. Más aún, en muchas aplicaciones la inspección visual realizada por personas es tediosa, mentalmente agotadora y propensa al error. Por lo tanto, los sistemas de visión se usan ampliamente cuando los artículos que se inspeccionan son muy similares. Por ejemplo, se usan para inspeccionar las papas fritas, con la finalidad de identificar las imperfecciones mientras las papas fritas pasan por la línea de producción. Los sistemas de visión se usan para asegurar que el sellador esté presente y en la cantidad adecuada en las transmisiones de las lavadoras de ropa Whirlpool, así como para inspeccionar el ensamble de apagadores en la planta Foster en Des Plaines, Illinois. Estos sistemas tienen una precisión constante, no se aburren y su costo es mínimo; son considerablemente superiores a los individuos encargados de desempeñar estas tareas.

Robots

Máquina flexible que posee la habilidad de sostener, mover o sujetar objetos. Funciona mediante impulsos electrónicos que activan motores e interruptores.

Sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS)

Almacenes controlados por computadora preparados para la colocación automática de partes en y desde lugares designados dentro del almacén.

Vehículos de guía automatizada (AGV)

Carros guiados y controlados electrónicamente que se usan para mover materiales.

Sistema de manufactura flexible (FMS)

Sistema que usa una célula de trabajo automatizada que se controla por señales electrónicas desde una instalación central de cómputo común.

Robots

Cuando la máquina es flexible y tiene la capacidad para sostener, mover y “agarrar” objetos, tendemos a usar la palabra *robot*. Los **robots** son dispositivos mecánicos que pueden tener almacenados unos cuantos impulsos electrónicos en chips semiconductores que activan motores e interruptores. Es posible emplear robots para desempeñar tareas especialmente monótonas o peligrosas, o aquellas que se mejoran al sustituir el esfuerzo humano por el mecánico. Ésta es la situación cuando se mejoran consistencia, precisión, velocidad, fuerza o energía mediante la sustitución de personas por máquinas. Ford usa robots para hacer 98% del trabajo de soldadura en algunos automóviles.

Sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS)

Debido a la enorme cantidad de mano de obra que requiere el almacenamiento y su propensión al error, se desarrollaron los almacenes controlados por computadora. Estos sistemas, conocidos como **sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS)**, hacen posible la colocación y recuperación automática de partes y productos en y desde lugares designados en un almacén. Este tipo de sistemas se emplean de manera común en las instalaciones de distribución para venta al menudeo, como Wal-Mart, Tupperware y Benetton. Estos sistemas también se encuentran en áreas de inventario y pruebas en empresas de manufactura.

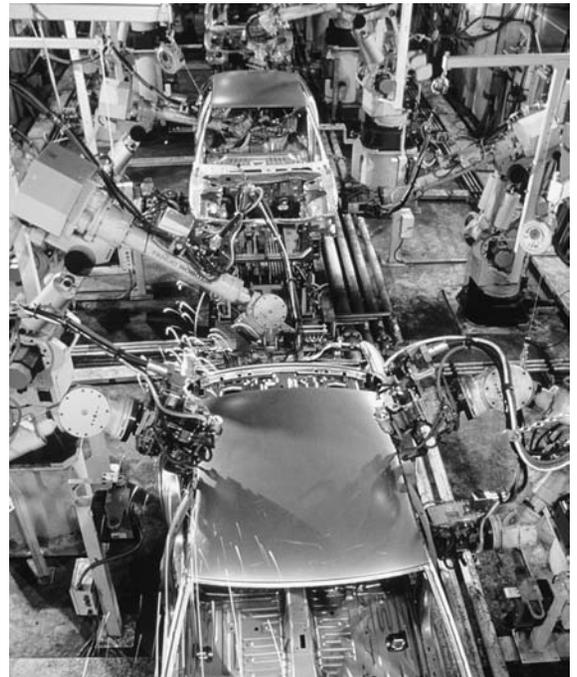
Vehículos de guía automatizada (AGV)

El manejo automatizado de material puede tomar la forma de monorraíles, bandas transportadoras, robots o vehículos de guía automatizada. Los **vehículos de guía automatizada (AGV)**, son carros controlados y guiados electrónicamente que se emplean en las fábricas para desplazar partes y equipo. También se usan en oficinas para mover correo y en hospitales y cárceles para entregar comidas.

Sistema de manufactura flexible (FMS)

Cuando la computadora central envía instrucciones a cada estación de trabajo y al equipo de manejo de materiales (que lleva el material a esa estación), el sistema se conoce como célula de trabajo automatizada o, más comúnmente, **sistema de manufactura flexible (FMS)**. Un FMS es flexible porque tanto los mecanismos para el manejo de materiales como las propias máquinas se controlan mediante señales electrónicas que se cambian con facilidad (programas de computadora). Los operarios simplemente cargan nuevos programas, cuando lo necesitan, para fabricar distintos productos. El resultado es un sistema que es capaz de producir poco volumen con gran variedad de manera económica. Por ejemplo, las instalaciones de Lockheed-Martin cerca de Dallas, construyen refacciones con eficiencia, una de cada tipo, para aviones militares. Los costos asociados con la conversión y la baja utilización se han reducido de manera sustancial. Los FMS tienden un puente entre las instalaciones con enfoque en el producto y con enfoque en el proceso.

Los robots no sólo se usan para ahorrar costos de mano de obra, sino sobre todo para trabajos monótonos, peligrosos o que requieren gran consistencia, como la soldadura de un automóvil (donde los robots funcionan con mucha más efectividad que los seres humanos).



Ventajas del FMS: mejora la utilización del capital, disminuye los costos directos de mano de obra, reduce el inventario y proporciona una calidad consistente. Desventajas del FMS: habilidad limitada para adaptarse a los cambios de producto, trabajo de planeación y capital, y requerimientos de herramientas y dispositivos considerables.

Sin embargo, los FMS no son la panacea, ya que los componentes individuales (dispositivos para el manejo de máquinas y materiales) tienen sus propias limitaciones físicas. Por ejemplo, las instalaciones de manufactura de laptops de IBM en Austin, Texas, *sólo* ensamblan productos electrónicos que quepan en el espacio de 2 x 2 pies x 14 pulgadas de su FMS. Además, un FMS tiene requerimientos de comunicación restrictivos entre sus componentes únicos. No obstante, la reducción del tiempo de conversión y una programación más precisa dan como resultado una producción más rápida y mejor utilización. Como se tienen menos errores disminuye el desperdicio y esto contribuye a bajar los costos. Éstas son las características que buscan los administradores de operaciones: flexibilidad para obtener productos personalizados, utilización mejorada para reducir los costos y mejor salida para dar una mejor respuesta.

Manufactura integrada por computadora (CIM)

Los sistemas de manufactura flexibles pueden extenderse electrónicamente hacia atrás al interior de los departamentos de ingeniería y de control de inventario, y hacia adelante a los departamentos de almacén y embarque. De esta forma el diseño asistido por computadora (CAD) genera las instrucciones electrónicas necesarias para poner en marcha una máquina de control numérico. En un entorno de manufactura integrada por computadora, cualquier cambio en el diseño iniciado en una terminal CAD daría como resultado que, en cuestión de minutos, dicho cambio se realice en la pieza que se está produciendo en la planta. Cuando esta capacidad se integra al control de inventario, almacén y embarque, como parte de un sistema de manufactura flexible, el sistema completo se denomina **manufactura integrada por computadora (CIM)** (figura 4.11).

Los sistemas de manufactura flexible y la manufactura integrada por computadora reducen la distinción entre la producción de bajo volumen/alta variedad y la de alto volumen/baja variedad. La tecnología de la información hace posible que los FMS y CIM manejen una variedad creciente mientras se amplían para incluir un volumen cada vez mayor.

Manufactura integrada por computadora (CIM)

Sistema de manufactura que integra CAD, FMS, control de inventario, almacenamiento y embarque.

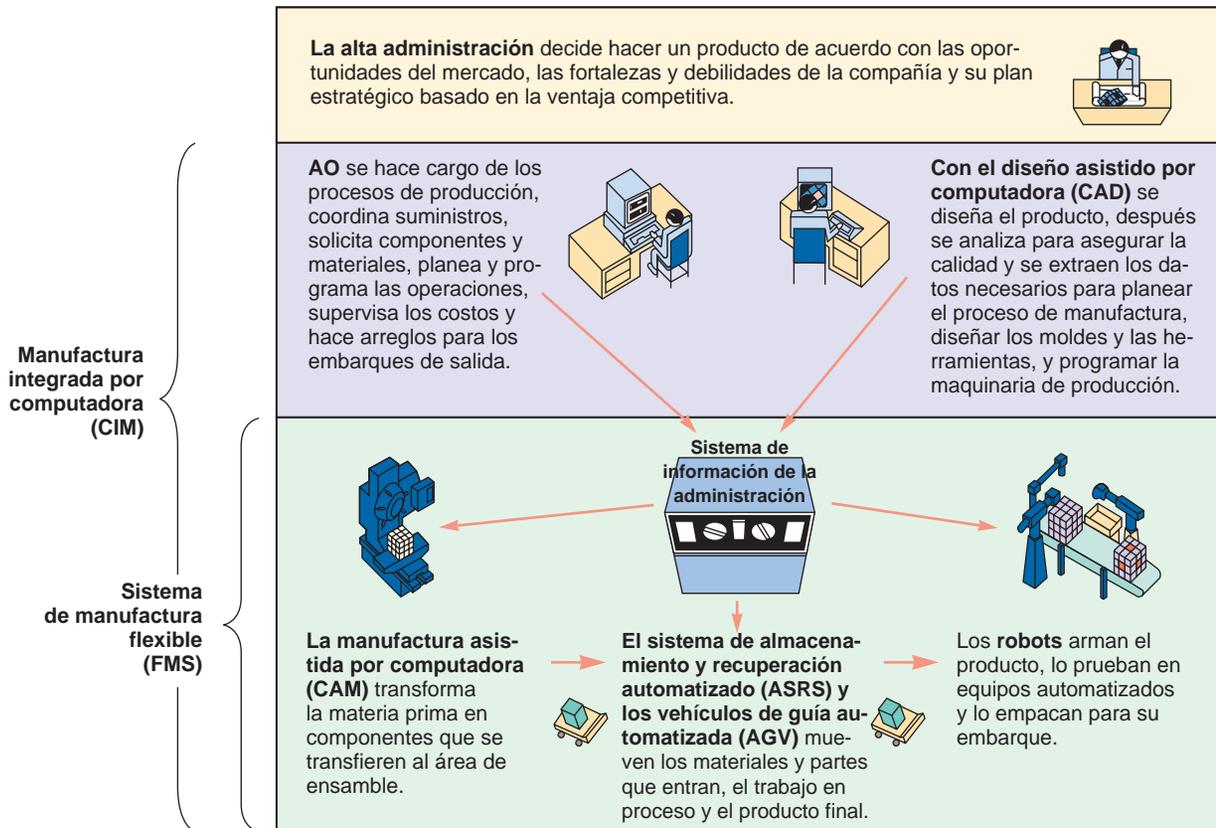


FIGURA 4.11 ■ Manufactura integrada por computadora (CIM)

CIM comprende diseño asistido por computadora (CAD), manufactura asistida por computadora (CAM), sistemas de manufactura flexible (FMS), sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS) y vehículos de guía automatizada (AGV) para proporcionar un proceso de manufactura integrado y flexible.

AO EN ACCIÓN

La tecnología cambia la industria hotelera

La tecnología está marcando una diferencia en la industria hotelera. Los propietarios de los hoteles ahora dan seguimiento preciso al tiempo de las camareras mediante el uso de un sistema de seguridad. Cuando la camarera entra a un cuarto, inserta una tarjeta que notifica su localización exacta a la computadora de la recepción. "Podemos mostrarle una impresión que indica cuánto tiempo le lleva la limpieza de un cuarto", dice el propietario de un hotel.

Los sistemas de seguridad también permiten que los huéspedes usen sus propias tarjetas de crédito como llaves para cerrar y abrir las puertas de sus cuartos. El sistema también tiene otras aplicaciones. La computadora puede impedir el acceso al cuarto, una vez que un huésped paga su cuenta, y controlar automáticamente el aire acondicionado o la calefacción, encendiéndolos al registrarse y apagándolos al pagar.

En ahora, con una unidad manual de rayos infrarrojos el personal de limpieza y los encargados del minibar pueden

saber, desde el pasillo, si una habitación está físicamente ocupada. Esto elimina la incomodidad de que el personal entre al cuarto cuando el huésped está adentro y mejora la seguridad del personal de limpieza.

En el hotel Loew's Portofino Bay en los Estudios Universal, Orlando, las tarjetas inteligentes del huésped funcionan como tarjetas de crédito tanto en el parque de diversiones como en el hotel, mientras que las tarjetas inteligentes del personal (programadas para diferentes niveles de acceso y seguridad) crean una ruta de control para los movimientos de los empleados. Starwood Hotels, administradora de propiedades como Sheraton y Westins, usa las computadoras personales de bolsillo Casio para comunicarse con la red inalámbrica del hotel. Hoy, los clientes registran su entrada o su salida desde cualquier lugar en la propiedad, por ejemplo, desde la mesa del comedor después de desayunar o comer.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (11 de septiembre de 2002): B2, y *Hotel and Motel Management* (3 de julio de 2000): 62-63.

TECNOLOGÍA EN LOS SERVICIOS

Así como hemos visto rápidos avances tecnológicos en el sector de la manufactura, también encontramos cambios drásticos en el sector servicios, que van desde equipos de diagnóstico electrónico para los talleres de reparación de automóviles, equipos de análisis de sangre y orina en hospitales, hasta escáneres de seguridad en aeropuertos e instalaciones de alta seguridad. La industria de la hospitalidad proporciona otros ejemplos, como se analiza en el recuadro *AO en acción*, "la tecnología cambia la industria hotelera". Como quizá ya lo haya hecho, usted puede autorizar el pago de su factura desde el cuarto del hotel a través de un canal del aparato de televisión. El ahorro de trabajo en la recepción y la agilidad al registrar su salida generan incrementos en la productividad valiosos para el hotel y para el cliente.

De manera semejante, Anderson Windows, en Minnesota, ha desarrollado programas de computadora amigables para el usuario que permiten que los clientes diseñen las especificaciones de sus propias ventanas. El cliente solicita una guía de información de productos, el material en promoción, una galería de diseños y un cuaderno de bocetos para crear el diseño deseado. El software también permite que el cliente determine los posibles ahorros de energía y vea una representación gráfica de su casa con la nueva ventana.

En las tiendas al menudeo, las terminales POS descargan con rapidez los precios para reflejar los cambios en costos o las condiciones del mercado. Por ejemplo, cuando la devaluación golpeó a México, la cadena de Farmacias Benavides usó dicho sistema para cancelar de inmediato los pedidos de los artículos más costosos y, en su lugar, almacenar las líneas de productos genéricos más económicos.

La tabla 4.4 proporciona un panorama del impacto de la tecnología en los servicios. Los administradores de operaciones en las áreas de servicios y manufactura deben ser capaces de evaluar el impacto de la tecnología en sus empresas. Esta habilidad requiere destrezas particulares para evaluar confiabilidad, análisis de inversión, requerimientos de recursos humanos y mantenimiento/servicio.

REINGENIERÍA DE PROCESOS

Reingeniería de procesos

Replanteamiento y rediseño fundamentales de los procesos de un negocio para lograr mejoras importantes en el desempeño.

Las empresas encuentran a menudo que las suposiciones iniciales de su proceso dejan de ser válidas. El mundo es un lugar dinámico donde los deseos del cliente, la tecnología del producto y la mezcla de productos cambian. En consecuencia, los procesos se rediseñan o, como algunas veces se dice, pasan por un proceso de reingeniería. La **reingeniería de procesos** significa replantear los fundamentos y rediseñar en forma radical los procesos del negocio para lograr mejoras en el desempeño.⁸ La reingeniería de procesos efectiva depende de la reevaluación del propósito del proceso, el cuestionamiento de ese propósito y

⁸Michael Hammer y Steven Stanton, *The reengineering Revolution* (Nueva York: HarperCollins, 1995): 3.

TABLA 4.4 ■

Ejemplos del impacto de la tecnología en los servicios

| INDUSTRIA DE SERVICIOS | EJEMPLO |
|-------------------------------|--|
| Servicios financieros | Tarjetas de débito, transferencia electrónica, cajeros automáticos, comercio de acciones en Internet |
| Educación | Páginas con boletines electrónicos, periódicos en línea |
| Servicios públicos y gobierno | Camiones de basura automatizados manejados por un sólo hombre, correo óptico y detectores de bombas, sistemas de advertencia de inundaciones |
| Restaurantes y alimentos | Pedidos inalámbricos que hacen las meseras a la cocina, carnicerías robotizadas, transponders en automóviles para la compra desde el automóvil |
| Comunicación | Servicio editorial electrónico, TV interactiva |
| Hoteles | Registro electrónico de entrada y salida, sistemas electrónicos de cerraduras |
| Comercio al mayoreo y menudeo | Terminales en puntos de venta (POS), comercio electrónico, comunicación electrónica entre tienda y proveedor, datos en códigos de barras |
| Transporte | Pago automático en casetas, sistemas de navegación dirigidos por satélite |
| Cuidado de la salud | Sistemas de monitoreo de pacientes en línea, sistemas de información médica en línea, cirugías mediante robots |
| Aerolíneas | Boletos de viaje, horarios de vuelos, compras en Internet |

de las suposiciones implícitas. Sólo funciona cuando se examinan nuevamente tanto el proceso básico como sus objetivos.

La reingeniería de proceso también se enfoca en aquellas actividades que cruzan las líneas funcionales. Debido a que los administradores suelen estar a cargo de “funciones” específicas o áreas especializadas de responsabilidad, las actividades (procesos) que cruzan de una función o especialidad a otra podrían descuidarse. La reingeniería hace a un lado todas las nociones sobre cómo se lleva a cabo el proceso actual y se enfoca en las mejoras radicales de costo, tiempo y valor para el cliente. Todo proceso es candidato para un rediseño radical. El proceso puede ser la distribución de planta de una fábrica, un procedimiento de compra o una nueva forma de procesar las solicitudes de crédito en IBM, como se describe en el ejemplo 5.

Ejemplo 5

El proceso tradicional de solicitud de crédito en IBM implicaba muchos pasos. El primero consistía en 14 personas que contestaban teléfonos y registraban las llamadas del personal de ventas en campo, que solicitaba crédito para sus clientes. Después de recibir las llamadas, los operarios de teléfonos hacían las anotaciones pertinentes en papel y las enviaban al segundo piso, donde el personal de crédito verificaba los documentos. Después los papeles pasaban al salón de la planta baja con el grupo de prácticas mercantiles, donde los datos se introducían en una computadora para determinar los términos y tasas de interés. De ahí, el paquete de datos pasaba a un grupo de oficinistas. Una o dos semanas después de la solicitud, podía disponerse de los resultados.

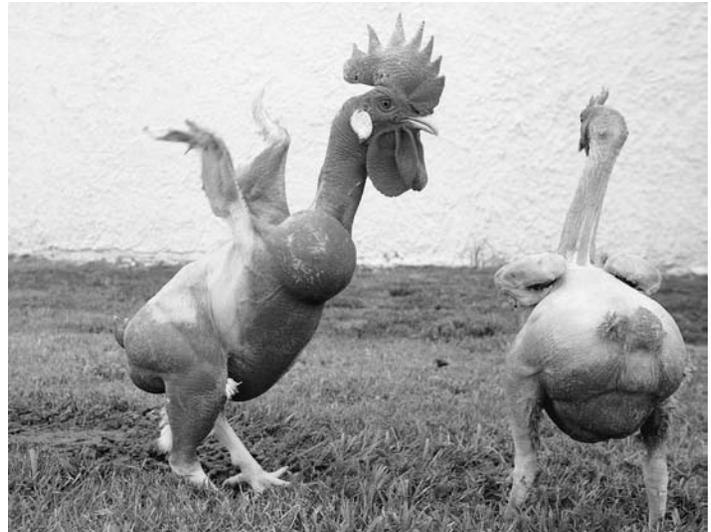
IBM trató de arreglar el proceso llevando un registro de los pasos de cada solicitud. Aun cuando el registro permitía que el personal de crédito supiera en qué lugar del proceso se encontraba una solicitud, esto agregaba un día al trámite completo. Finalmente, dos gerentes intentaron un nuevo enfoque radical. Personalmente llevaron una solicitud de préstamo por cada paso de oficina en oficina y descubrieron que el trabajo real sólo tomaba 90 minutos. La semana adicional se invertía en que los documentos fueran y vinieran entre departamentos. Esto significaba que el trabajo en esta trayectoria no era el problema, más bien el proceso fallaba. El trabajo de reingeniería dio como resultado que IBM reemplazara a todos sus especialistas por personas con conocimientos generales, llamadas asistentes de casos, quienes procesaban la solicitud de principio a fin. La empresa también desarrolló un software que aprovecha la experiencia de los especialistas para apoyar a los asistentes de casos. Después de la reingeniería, el proceso disminuyó el número de empleados y mejoró los resultados. La semana que tardaba el proceso completo se redujo a cuatro horas. En la actualidad, la compañía maneja un número de solicitudes de crédito 100 veces mayor que el que manejaba con el sistema antiguo.

Fuente: Adaptado de Michel Hammer y James Campy, *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution* (Nueva York: HarperCollins 1993).

PROCESOS EN ARMONÍA CON EL AMBIENTE

En el capítulo 3 analizamos algunas técnicas de diseño amigables para el ambiente; ahora introducimos algunos enfoques del proceso que estudian la responsabilidad social y los aspectos ambientales. Muchas empresas han encontrado en sus procesos de producción la oportunidad de disminuir el impacto negativo en el medio ambiente. Dichas oportunidades van desde actividades que la sociedad percibe como socialmente responsables hasta acciones en respuesta a requisitos legales, como el de la prevención de la

Los nuevos productos adquieren diversas formas. Esta nueva cría de gallinas para asar no tiene plumas. Estas gallinas permanecen en lugares más frescos, ahorran el costo de desplumado y generan menos desperdicio (plumas), haciéndolas amigables con el ambiente. Sin embargo, como suele suceder con los nuevos productos, los administradores de operaciones deben ajustar el proceso.

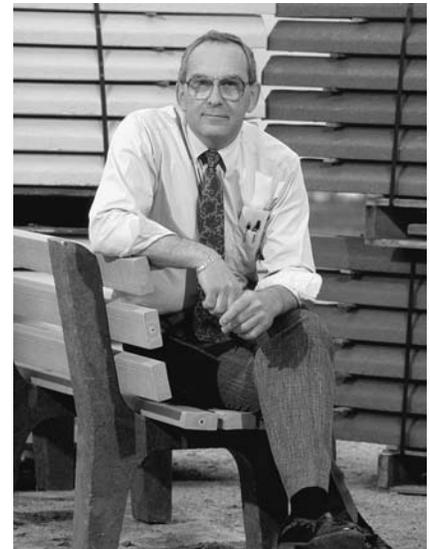


contaminación. Estas actividades comprenden centrar la atención en aspectos como el uso eficiente de recursos, la reducción de subproductos de desperdicio, el control de emisiones y el reciclaje.

Los administradores de operaciones pueden tener sensibilidad respecto al medio ambiente y aun así lograr una estrategia de diferenciación, e incluso una estrategia de bajo costo. Señalamos cuatro ejemplos:

- La empresa de cosméticos inglesa Body Shop ha diferenciado con éxito sus productos destacando su preocupación por el ambiente. Persigue una estrategia de diseño de producto, desarrollo y pruebas, que considera socialmente responsable. Incluye ingredientes en que no dañan el ambiente y la eliminación de pruebas con animales.
- Ben and Jerry´s busca una imagen de responsabilidad social (y ahorra 250,000 dólares al año) con sólo usar iluminación eficiente en energía.
- Standard Register, descrita en el ejemplo 1, genera una cantidad considerable de desecho de papel —casi 20 toneladas al mes sólo de perforaciones de papel— lo cual crea un serio problema de desperdicio. Pero la compañía desarrolló formas para reciclar el desperdicio de papel, así como de aluminio y plata del proceso fabricación de placas que se muestra en el diagrama de flujo en la figura 4.2.
- Anheuser-Busch ahorra 30 millones de dólares al año en costos de energía y tratamiento de desperdicios usando aguas residuales tratadas para generar el gas que activa su fábrica de cerveza en St. Louis.

Los procesos pueden estar en armonía con el ambiente y ser socialmente responsables y al mismo tiempo contribuir con estrategias rentables.



La fotografía muestra un proceso desarrollado por Floyd Hammer (derecha) para convertir el plástico en bancas para parques, bordes para estacionamiento y cercas para jardín todos resistentes al clima. La compañía de Hammer, Plastic Recycling Corp., con base en Iowa Falls, crece en la medida que este nuevo proceso ofrece un producto en armonía con el ambiente.

RESUMEN

Los administradores de operaciones efectivos comprenden cómo usar la estrategia de proceso como arma competitiva. Seleccionan un proceso de producción que tenga la calidad, flexibilidad y estructura de costo necesarias para satisfacer los requerimientos de producto y volumen. Asimismo, buscan formas creativas de combinar el bajo costo unitario de la manufactura de alto volumen y poca variedad con la personalización disponible en las instalaciones para bajo volumen y gran variedad. Los administradores emplean las técnicas de producción esbelta y participación de los empleados para motivar el desarrollo de equipos y procesos eficientes. Diseñan equipos y procesos que les permiten tener capacidades que superan la tolerancia requerida por sus clientes, pero que les aseguran al mismo tiempo la flexibilidad necesaria para realizar los ajustes en tecnología, características y volúmenes.

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|---|--|
| Estrategia de proceso | Control numérico por computadora (CNC) |
| Enfoque en el proceso | Sistema de identificación automatizado (AIS) |
| Proceso repetitivo | Control de proceso |
| Módulos | Sistemas de visión |
| Enfoque en el producto | Robots |
| Personalización masiva | Sistema de almacenamiento y recuperación automatizado (ASRS) |
| Gráfica cruzada | Vehículo de guía automatizada (AGV) |
| Diagramas de flujo | Sistema de manufactura flexible (FMS) |
| Gráfica de función-tiempo (o mapeo del proceso) | Manufactura integrada por computadora (CIM) |
| Diagramas del proceso | Reingeniería de procesos |
| Diseño preliminar del servicio | |
| Flexibilidad | |

PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 4.1

Clare Copy Shop tiene un volumen mensual de 125,000 copias en blanco y negro. Dos vendedores han hecho presentaciones a Debbie Clare de dos máquinas de copiado con igual calidad y confiabilidad. La Xemon A tiene un costo de \$2,000 al mes y un costo variable de \$.03. La otra máquina (una Camron B) costará sólo \$1,500 al mes pero el tóner es más caro, subiendo el costo por copia a \$.035. Si el costo y el volumen son las únicas consideraciones, ¿qué máquina debe comprar Clare?

SOLUCIÓN

$$2,000 + .03 X = 1,500 + .035 X$$

$$2,000 - 1,500 = .035 X - .03 X$$

$$500 = .005 X$$

$$100,000 = X$$

Como Debbie Clare espera que su volumen exceda las 100,000 unidades, debe elegir la Xemon A.

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Caso de estudio en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

- ¿Qué es la estrategia de proceso?
- ¿Qué tipo de proceso se emplea para elaborar cada uno de los siguientes productos?
 - (a) cerveza (d) papel (f) casas personalizadas
 - (b) invitaciones de boda (e) "Big Macs" (g) motocicletas
 - (c) automóviles
- ¿Qué es el diseño preliminar de servicio?
- ¿Qué significa reingeniería de proceso?
- ¿Cuáles son las técnicas para mejorar la productividad del servicio?
- Mencione los cuatro cuadrantes de la matriz del proceso de servicio. Analice cómo se usa la matriz para clasificar los servicios por categorías.
- ¿Qué significa CIM?
- ¿Qué se quiere decir con sistema de control del proceso y cuáles son los elementos clásicos en dicho sistema?
- Identifique empresas de *manufactura* competitivas en cada uno de los cuatro procesos mostrados en la figura 4.1.
- Identifique la ventaja competitiva de cada una de las cuatro empresas identificadas en la pregunta 9.
- Identifique empresas de *servicio* competitivas en cada uno de los cuatro procesos mostrados en la figura 4.1.
- Identifique la ventaja competitiva de cada una de las cuatro empresas identificadas en la pregunta 11.
- ¿Qué son las máquinas de control numérico?
- Describa en forma breve qué es un sistema de identificación automatizado (AIS) y la forma en que las organizaciones de servicios emplean un AIS para incrementar la productividad y, al mismo tiempo, aumentar la variedad de los servicios que ofrece.
- Mencione algunos avances tecnológicos que mejoran la producción y la productividad.
- Explique qué es un sistema de manufactura flexible (FMS).
- ¿De qué forma se vinculan CAD y FMS?

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

En pro de la eficiencia y el bajo costo, Premium Standard Farms en Princeton, Missouri, ha transformado la producción porcina en un proceso estandarizado con enfoque en el producto. Los rastros han hecho esto por cien años, pero después de que el animal está muerto. Hacerlo mientras el animal aún está vivo es una innovación relativamente reciente. Se presenta cómo funciona.

Las hembras inseminadas esperan durante 40 días en chiqueros de metal tan pequeños que no pueden voltearse. Después de una prueba de ultrasonido, permanecen 67 días en chiqueros semejantes hasta que paren.

Dos semanas después de tener 10 u 11 lechones, se mueve a las puercas a los cuartos de crianza donde pasan otro ciclo. Después de tres años la puerca se sacrifica. Los defensores de los animales afirman que el confinamiento vuelve locos a los animales. Pero Premium Standard argumenta que, de hecho, sus cerdos están cómodos, y afirma que sólo 1% muere antes de que Premium Standard así lo decida.

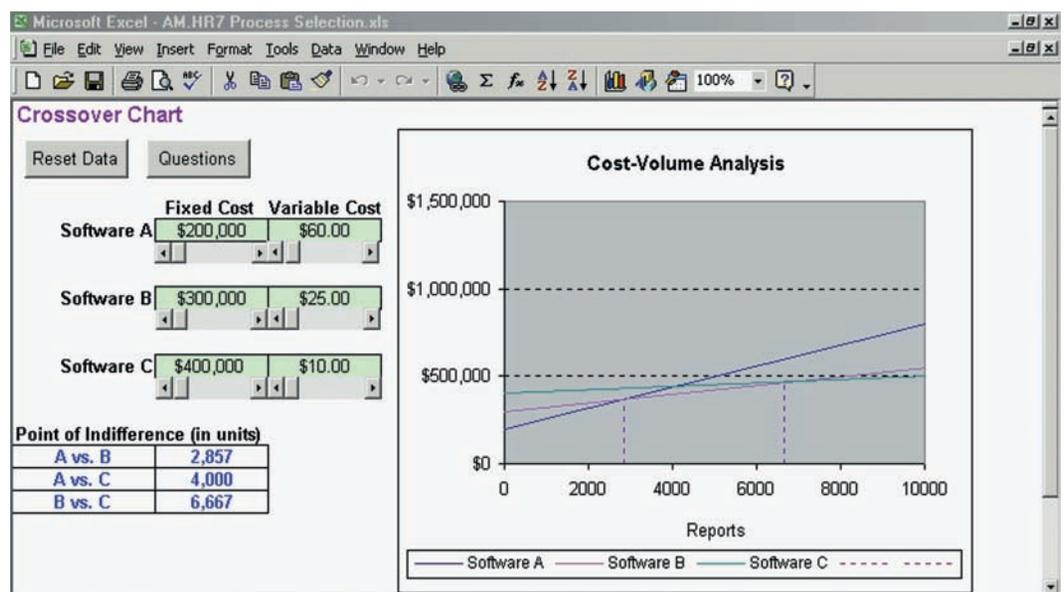
Analice la productividad y las implicaciones éticas de esta industria y las dos opiniones divergentes.

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este Modelo activo le permite evaluar elementos importantes en la gráfica cruzada del ejemplo 4.

MODELO ACTIVO 4.1 ■

Ilustración de la gráfica cruzada de los tres productos de software del ejemplo 4



Preguntas

- Suponga que Kleber Enterprises desea bajar el punto de indiferencia entre el software A y el software B a 2,000 unidades. ¿Cuál debe ser el costo fijo para el software B?
- Examine la gráfica. Si el volumen esperado es 1,500 reportes, ¿qué proceso debe emplearse?
- Examine la gráfica. Si el volumen esperado es de 15,000 reportes, ¿qué proceso debe emplearse?
- Conforme disminuyen los costos fijos para desarrollar el software B, ¿qué ocurre en la gráfica?


PROBLEMAS

- 4.1 Prepare un diagrama de flujo para uno de los siguientes incisos:
 - a) El proceso de inscripción en una escuela.
 - b) El proceso en el lavado de autos local.
 - c) Una boleada de zapatos.
 - d) Algún otro procesos que apruebe el instructor.
- 4.2 Prepare un diagrama de proceso para una de las actividades del problema 4.1.
- 4.3 Elabore gráfica de función-tiempo para una de las actividades del problema 4.1.
- 4.4 Desarrolle un diseño preliminar de servicio para una de las actividades del problema 4.1.
- 4.5 Meile Machine Shop, Inc., tiene un contrato por un año para la producción de 200,000 cajas de velocidades para un nuevo vehículo de campo traviesa. El propietario, Larry Meile, espera que el contrato se renueve el próximo año y que el volumen aumente. Meile presupuestó los costos de tres alternativas: equipo de uso general (EUG), sistema de manufactura flexible (FMS) y una máquina especializada costosa pero eficiente (ME). A continuación, los datos de los costos:

| | EQUIPO DE USO GENERAL (EUG) | SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE (FMS) | MÁQUINA ESPECIALIZADA (ME) |
|-----------------------------|--|--|---|
| Unidades del contrato anual | 300,000 | 300,000 | 300,000 |
| Costo fijo anual | \$100,000 | \$200,000 | \$500,000 |
| Costo variable por unidad | \$ 15.00 | \$ 14.00 | \$ 13.00 |

¿Qué proceso es mejor para este contrato?

- 4.6 Use los datos del problema 4.5 y determine el volumen económico para cada proceso.
- 4.7 Use los datos del problema 4.5 y determine el mejor proceso para cada uno de los siguientes volúmenes: (1) 75,000, (2) 275,000 y (3) 375,000.
- 4.8 Regrese al problema 4.5. Si está pendiente el contrato para el segundo y tercer año, ¿cuáles son las implicaciones para la selección del proceso?
- 4.9 La compañía de Stan Fawcett considera la posibilidad de producir el ensamble de una transmisión que por ahora compra a Salt Lake Supply, Inc. Salt Lake Supply cobra 4 dólares por unidad en un pedido mínimo de 3,000 unidades. Stan estima que le costaría \$15,000 instalar el proceso y después \$1.82 cada unidad por mano de obra y materiales. ¿En cuántas unidades tendrá el mismo costo aproximado cualquiera de las dos opciones?
- 4.10 Ski Boards, Inc., desea entrar al mercado rápidamente con el nuevo acabado en sus tablas de esquí. Tiene tres opciones: **a)** reparar el equipo existente con un costo de \$800 dólares, **b)** hacerle modificaciones mayores con un costo de \$1,100, y **c)** comprar un nuevo equipo con un costo neto de \$1,800. Si la empresa decide reparar el equipo, el costo de materiales y mano de obra será \$1.10 por tabla. Si elige las modificaciones el costo de materiales y mano de obra será \$0.70 por tabla. Si compra el nuevo equipo, estima que los costos variables serán \$0.40 por tabla.
 - a) Grafique las rectas de los tres costos totales en la misma gráfica.
 - b) ¿Qué alternativa debe elegir Ski Boards, Inc., si supone que venderá más de 3 mil tablas?
 - c) ¿Qué alternativa debe emplear la empresa si considera que el mercado para las tablas estará entre 1,000 y 2,000?
- 4.11 Susan Meyer, propietaria y administradora de Meyer's Motor Court en Key West, piensa contratar a Duffy's Maid Service para el servicio de limpieza diario de su motel. Susan renta en promedio 50 cuartos durante cada una de las 365 noches (365×50 es igual a los cuartos totales rentados en el año). A Susan le cuesta \$12.50 la limpieza de un cuarto. La tarifa de Duffy's Maid Service es \$18.50 por cuarto más un costo fijo de \$25,000 por artículos varios como uniformes con el nombre del motel. El costo fijo anual de Susan por el espacio, equipo y suministros es de \$61,000. ¿Cuál es el proceso más conveniente para Susan y por qué?
- 4.12 Keith Whittingham, administrador de Designs by Whittingham, actualiza su software de CAD. El software de desempeño alto (DA) tiene una renta de \$3,000 mensuales por estación de trabajo. El software de desempeño estándar (DE) tiene una renta de \$2,000 al mes por estación de trabajo. Las cifras de productividad con que cuenta sugieren que el software de DA es más rápido para su tipo de diseño. Por lo tanto, con el software DA necesitará cinco ingenieros y con el software DE necesitará seis. Esto se traduce en un costo variable de \$200 por dibujo con el sistema DA y de \$240 por dibujo con el sistema DE. Con un volumen proyectado de 80 dibujos por mes, ¿cuál sistema debe rentar?

CASO DE ESTUDIO

Rochester Manufacturing Corporation

Rochester Manufacturing Corporation (RMC) planea cambiar su producción de un sistema de máquinas tradicionales con control numérico a un sistema de maquinado flexible (FMS). Sus máquinas de control numérico han operado de manera continua para lograr gran variedad y bajo volumen. Hasta donde es posible determinar, la utilización de sus máquinas es alrededor de 10%. Los vendedores de máquina herramienta y una empresa de consultoría quieren unir las máquinas en un FMS. Consideran que con un gasto de \$3,000,000 en maquinaria y las máquinas transferidas manejarán cerca de 30% del trabajo de RMC. Además habrá, por supuesto, costos de transición y arranque.

La empresa aún no incorpora todas sus partes en un sistema integral de tecnología de grupos, pero considera que 30% es una buena estimación de productos apropiados para el FMS. Este 30% podrá organizarse fácilmente en una "familia". Al aumentar la utilización, habrá una reducción en el número de piezas de maquinaria. La empresa deberá ser capaz de disminuir sus máquinas de 15 a cerca de 4 y el personal de 15 a quizá 3. De manera semejante, la reducción del espacio en la planta pa-

sará de 20,000 pies cuadrados casi a 6,000. La salida de pedidos también debe mejorar, pudiendo procesar esta familia de partes en 1 o 2 días en lugar de 7 o 10. Se estima que la reducción de inventario dará un ahorro único de \$750,000 y que los ahorros anuales en mano de obra deberán ser cercanos a \$300,000.

Aunque todas las proyecciones parecen muy positivas, el análisis del rendimiento sobre la inversión para el proyecto señala que estará entre 10 y 15% al año. Tradicionalmente la compañía ha tenido la expectativa de que los proyectos deben redituarse más de 15% con periodos de recuperación bastante menores a 5 años.

Preguntas para analizar

1. Como administrador de producción de RMC, ¿qué recomendaría? ¿Por qué?
2. Prepare un caso sobre lo que haría un administrador conservador para mantener el status quo hasta que las ganancias sean más palpables.
3. Prepare el caso para un administrador de ventas optimista que ahora debe continuar con el FMS.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Estrategia de proceso en Wheeled Coach

Wheeled Coach, con base en Winter Park, Florida, es el fabricante de ambulancias más grande del mundo. Trabajando cuatro días de 10 horas, 350 empleados hacen sólo ambulancias personalizadas, prácticamente todos los vehículos son diferentes. Wheeled Coach se ajusta al mercado ofreciendo una amplia variedad de opciones y un equipo de ingeniería acostumbrado a las innovaciones y el diseño personalizado. El continuo crecimiento, que en la actualidad requiere que 20 ambulancias salgan de la línea de ensamble cada la semana, hace que el diseño de proceso sea un reto constante. La respuesta de Wheeled Coach ha sido construir una fábrica enfocada: Wheeled Coach no fabrica más que ambulancias. Dentro de la fábrica enfocada, Wheeled Coach estableció células de trabajo para cada módulo importante que alimenta la línea de ensamble, incluyendo cuerpos de aluminio, arneses con cableado eléctrico, gabinetes interiores, ventanas, pintura y tapicería.

La programación se maneja mediante los estándares de trabajo, con la finalidad de que cada célula de trabajo alimente la línea de ensamble justo a tiempo para su instalación. El chasis, usualmente el de camión Ford, se traslada a la estación donde se monta el cuerpo de aluminio. Después el vehículo se desplaza a la célula de pintura. Siguiendo un

trabajo personalizado de pintura, se lleva a la línea de ensamble, donde estará 7 días. Durante cada uno de estos 7 días hábiles, cada célula de trabajo entrega su módulo respectivo en la posición adecuada de la línea de ensamble. Durante el primer día se instala el cableado eléctrico; el segundo día la unidad se mueve a la siguiente estación, donde se entregan e instalan los gabinetes, después a ventanas e iluminación, sigue a tapicería para ajustes y acabados, con la finalidad de lograr mayor personalización. Por último, a inspección y a la pruebas en campo. El recuadro del *Perfil global de la compañía* sobre Wheeled Coach (que inicia el capítulo 11) aporta más detalles de este proceso.

Preguntas para analizar

1. ¿Por qué cree usted que los principales fabricantes de automóviles no construyen ambulancias?
2. ¿Cuál sería una estrategia de proceso alternativa para la línea de ensamble que Wheeled Coach emplea en la actualidad?
3. ¿Por qué resulta más eficiente que las células de trabajo preparen y entreguen "módulos" a la línea de ensamble en lugar de producir el componente (por ejemplo, la tapicería interior) en la línea?
4. ¿Cómo determina Wheeled Coach qué tareas debe desempeñar cada estación de trabajo?

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Caso de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net.com/heizer para ver este caso de estudio gratuito:

- Matthew Yachts, Inc.: Examina un posible cambio en el proceso conforme cambia el mercado de yates.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Massachusetts General Hospital** (# 696-015): Describe los esfuerzos del Massachusetts General Hospital por aplicar reingeniería al proceso de entrega del servicio de cirugía de bypass.
- **John Crane UK Ltd.: el vínculo CAD/CAM** (# 692-100): Describe la mejora en el desempeño de manufactura lograda en un taller de producción intermitente.
- **Product Development at Dell** (# 699-134): Analiza el nuevo producto y nuevo proceso, y la administración del riesgo en el desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, David. *Agile Product Development for Mass Customization*. Nueva York, McGraw-Hill, 1997.
- Bermon, Stuart y Sarah Jean Hood. "Capacity Optimization Planning System (CAPS)". *Interfaces* 29, núm. 5 (septiembre-octubre de 1999): 31-50.
- Carrillo, Janice E. y Cheryl Gaimon. "Improving Manufacturing Performance through Process Change and Knowledge Creation". *Management Science* 46, núm. 2 (febrero de 2000): 265-288.
- Del Sol, Patricio y Pankaj Ghemawat. "Strategic Valuation of Investment Under Competition". *Interfaces* 29, núm. 6 (noviembre-diciembre de 1999): 42-56.
- Duray, Rebecca, Peter T. Ward, Glenn W. Milligan y William L. Berry. "Approaches to Mass Customization: Configurations and Empirical Validation". *Journal of Operations Management* 18, núm. 6 (noviembre de 2000): 605-625.
- Gilmore, James H. y Joseph Pine II (eds.). *Markets of One: Creating Customer-Unique Value through Mass Customization*. Harvard Business Review Book, 2000.
- Heizer, J. H. "Manufacturing Productivity: Japanese Techniques Not Enough". *Industrial Management* (septiembre-octubre de 1986): 21-23.
- Hounshell, D. A., *From the American System to Mass Production, 1800-1932*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1984
- Khurana, A. "Managing Complex Production Processes". *MIT Sloan Management Review* 40, núm. 2 (invierno de 1999): 85-98.
- Klassen, Robert D. y D. Clay Whybark "The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance". *The Academy of Management Journal* 41, núm. 6 (diciembre de 1999): 599-615.
- MacCormack, Alan, Roberto Verganti y Marco Iansiti. "Developing Products on 'Internet Time': The Anatomy of a Flexible Development Process". *Management Science* 4, núm. 1 (enero de 2001): 133-150.
- Rohleder, T. R. y E. A. Silver. "A Tutorial on Business Process Improvement". *Journal of Operations Management* 15, núm. 2 (mayo de 1997): 139-154.
- Sahin, Funda. "Manufacturing Competitiveness: Different Systems to Achieve the Same Results". *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 1 (primer trimestre de 2000): 56-65.
- Simons, V. Jr., C. J. Wicker, M. K. Garrity y M. E. Kraus. "Process Design in a Down-Sizing Service operation". *Journal of Operations Management* 17, núm. 3 (marzo de 1999): 271-288.
- Stading, Gary, Benito Flores y David Olson. "Understanding Managerial Preferences in Selecting Equipment". *Journal of Operations Management* 19, núm. 1 (enero de 2001): 23-37.
- Swamidass, Paul M. *Innovations in Competitive Manufacturing*. Dordrecht, NL: Kluwer, 2000.
- Thomke, Stefan. "Enlightened Experimentation: The New Imperative for Innovation". *Harvard Business Review* (febrero de 2001): 67-75.
- Vokurka, Robert J. y Robert A. Davis. "Focused Factories: Empirical Study of Structural and Performance Differences". *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 1 (primer trimestre de 2000): 44-55.
- Zipkin, Paul. "The Limits of Mass Customization". *MIT Sloan Management Review* 40, núm. 1 (primavera de 2001): 81-88.

RECURSOS DE INTERNET

- American Consulting Engineers Council:
<http://www.acec.org>
- Association for Manufacturing Excellence:
<http://www.ame.org>
- Business Process Reengineering tutorial del centro de aprendizaje en línea:
<http://www.prosci.com/index.html>
- DARPA: U.S. Defence Dept., Innovative Prototype Systems:
<http://www.ARPA.mil/>
- Dassault Systems Information:
www.dsweb.com
- Manufacturing and Processing Links:
<http://galaxy.einet.net/galaxy/engineering-and-technology/manufacturing-and-processing.html>
- WARIA, Workflow and Reengineering International Association:
<http://www.waria.com>

Pronósticos

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: EL PRONÓSTICO PROPORCIONA A TUPPERWARE UNA VENTAJA COMPETITIVA

¿QUÉ SIGNIFICA PRONOSTICAR?

- Horizonte de tiempo del pronóstico
- Influencia del ciclo de vida del producto

TIPOS DE PRONÓSTICO

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO

- Recursos humanos
- Capacidad
- Administración de la cadena de suministro

SIETE PASOS EN EL SISTEMA DE PRONÓSTICO

ENFOQUES DE PRONÓSTICOS

- Panorama de los métodos cualitativos
- Panorama de los métodos cuantitativos

PRONÓSTICOS DE SERIES DE TIEMPO

- Descomposición de una serie de tiempo
- Enfoque intuitivo
- Promedios móviles
- Suavizamiento exponencial
- Medición del error del pronóstico
- Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia
- Proyección de tendencias
- Variaciones estacionales en los datos
- Variaciones cíclicas en los datos

MÉTODOS ASOCIATIVOS DE PRONÓSTICO: ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

- Uso del análisis de regresión para pronosticar
- Error estándar de la estimación
- Coefficientes de correlación para rectas de regresión
- Análisis de regresión múltiple

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PRONÓSTICOS

- Suavizamiento adaptable
- Pronóstico enfocado

PRONÓSTICOS EN EL SECTOR SERVICIOS

- RESUMEN
- TÉRMINOS CLAVE
- USO DE LAS HOJAS DE CÁLCULO DE EXCEL PARA PRONÓSTICOS
- USO DE POM PARA WINDOWS PARA PRONOSTICAR
- PROBLEMAS RESUELTOS
- EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE
- PREGUNTAS PARA ANALIZAR
- EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO
- EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO
- PROBLEMAS
- PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET
- CASOS DE ESTUDIO: SOUTHWESTERN UNIVERSITY: (B); ANALOG CELL PHONE, INC.
- CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: PRONÓSTICOS EN HARD ROCK CAFE
- CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES
- BIBLIOGRAFÍA
- RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

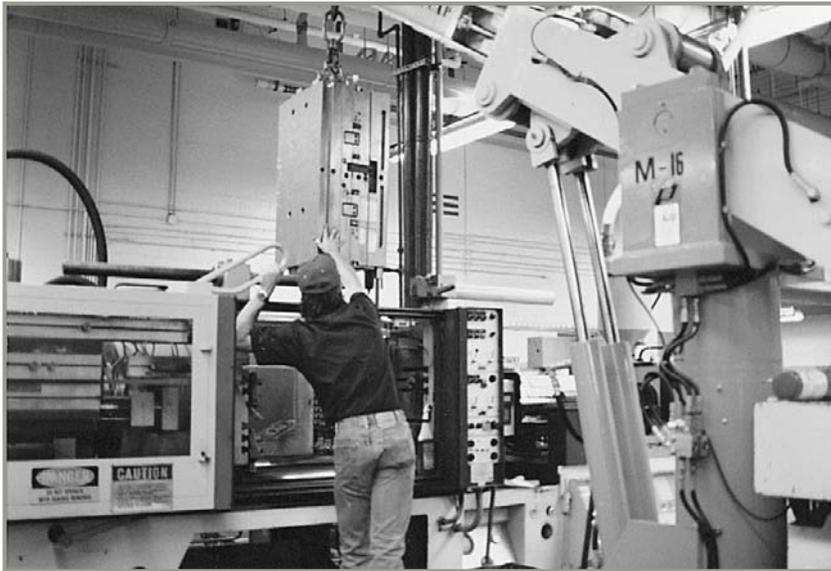
- Pronóstico
- Tipos de pronóstico
- Horizontes de tiempo
- Enfoques del pronóstico

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Promedios móviles
- Suavizamiento exponencial
- Proyección de tendencias
- Análisis de regresión y correlación
- Medidas de la precisión del pronóstico

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

El pronóstico proporciona a Tupperware una ventaja competitiva



En Tupperware, los moldes de aleación de acero inoxidable, que individualmente requieren más de 1,000 horas de mano de obra calificada, son la parte central del proceso de manufactura. Cada molde crea la forma exacta de un nuevo producto: los moldes cuestan en promedio 100,000 dólares y llegan a pesar hasta cinco toneladas. Cuando un producto específico se programa para una corrida de producción, su molde se coloca con cuidado, como se observa en la foto, dentro de la máquina de moldeo por inyección.

Cuando la mayoría de la gente piensa en Tupperware, piensa en recipientes de plástico vendidos en reuniones caseras. Tupperware es una exitosa empresa global de manufactura, con ventas de más de 1,100 millones de dólares, de las cuales 85% se realizan fuera de Estados Unidos. Un nombre familiar en casi 100 países, que cuenta con 13 plantas alrededor del mundo: una en Carolina del Sur, tres en Latinoamérica, una en África, cuatro en Europa y cuatro más en Asia. En todas partes, Tupperware se asocia con calidad, y garantía de por vida que ninguno de sus 400 productos de plástico se fracturará, astillará, romperá o despegará.

Pronosticar la demanda en Tupperware es un proceso crucial sin fin. Cada uno de sus 50 redituables centros en todo el mundo es responsable de proyectar, mediante computadoras, las ventas mensuales, tri-

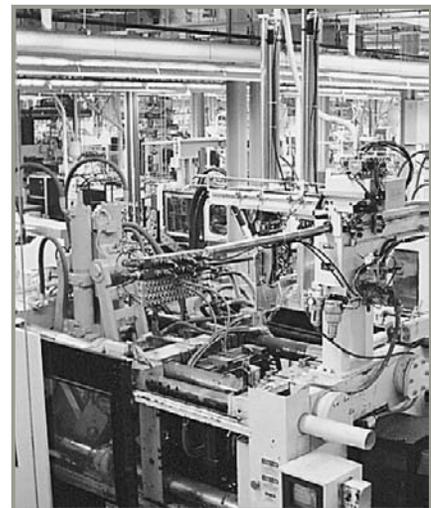
mestrales y anuales, que se agregan por región para obtener la suma global en las oficinas centrales de Tupperware en Orlando, Florida. Estas proyecciones orientan la producción en cada planta.

La variedad de modelos de pronósticos estadísticos que emplea Tupperware abarca todas las técnicas que se analizan en este capítulo, incluyendo promedios móviles, suavizamiento exponencial y análisis de regresión. En sus oficinas centrales, Tupperware mantiene enormes bases de datos para elaborar esquemas con las ventas de cada producto, las pruebas de mercado de cada nuevo producto (20% de las ventas de la empresa provienen de productos con menos de dos años) y la etapa de cada producto en su propio ciclo de vida.

Existen tres factores clave en los pronósticos de ventas de Tupperware: **1.** el número de "consultores" o representantes

de ventas registrados, **2.** el porcentaje actualizado de los distribuidores "activos" (este número cambia cada semana y cada mes) y **3.** las ventas semanales por distribuidor activo. Los pronósticos incorporan datos históricos, acontecimientos recientes y eventos promocionales.

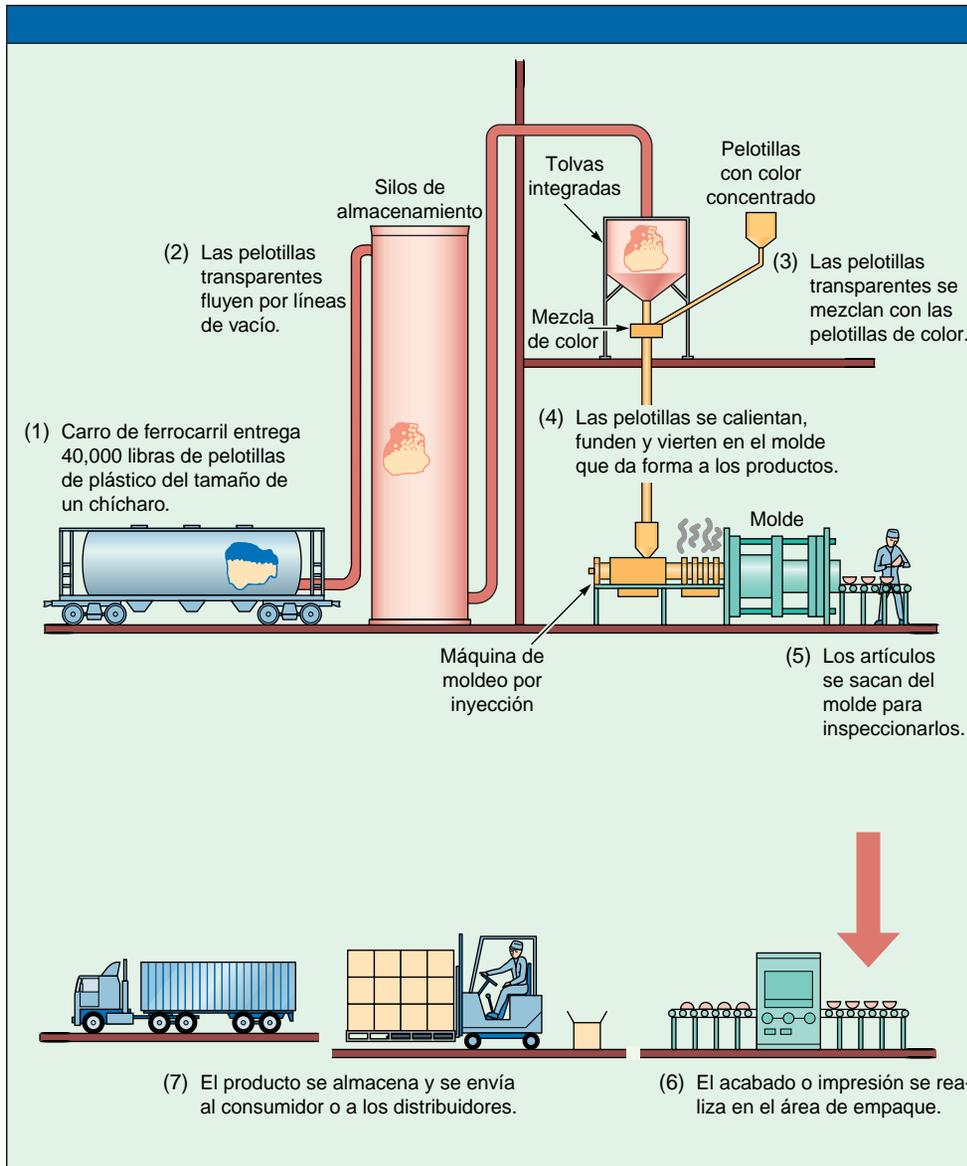
Tupperware mantiene ventajas sobre fuertes competidores como Rubbermaid, gracias al empleo de un proceso de grupo que le permite perfeccionar sus pronósticos estadísticos. Aun cuando los datos vienen de ventas, marketing, finanzas y producción, los pronósticos finales son resultado del consenso de todos los administradores participantes. Este paso final es la versión de Tupperware sobre el "jurado de opinión de ejecutivos" que se describe en este capítulo.



Las pelotillas de plástico que se funden a una temperatura de 500°C en productos Tupperware, se vierten por tubos de vacío desde los contenedores en el segundo piso a la máquina preparada con el molde. Después de inyectarse dentro de los moldes enfriados por agua, a una presión de hasta 20,000 libras por pulgada cuadrada, el producto se enfría, se remueve y se inspecciona.

TUPPERWARE CORPORATION

Proceso de manufactura en Tupperware



Todos los días, los administradores como los de Tupperware toman decisiones sin saber lo que ocurrirá en el futuro. Ordenan inventarios sin saber cuánto se venderá, compran equipos nuevos a pesar de la incertidumbre de la demanda de los productos y realizan inversiones sin saber las ganancias que tendrán. Ante la incertidumbre, los administradores procuran hacer siempre mejores estimaciones de lo que ocurrirá en el futuro. Hacer estimaciones correctas es el principal propósito de pronosticar.

En este capítulo, examinamos diferentes tipos de pronósticos y presentamos una variedad de modelos de pronósticos. Nuestro fin es mostrar que los administradores disponen de muchas formas para pronosticar. Asimismo, ofrecemos un panorama sobre el pronóstico de las ventas del negocio y describimos la forma de preparar, supervisar y juzgar la precisión del pronóstico. Un buen pronóstico es parte *esencial* de la operación eficiente de servicios y manufactura.

¿QUÉ SIGNIFICA PRONOSTICAR?

Pronosticar

Arte y ciencia de predecir eventos futuros.

Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede implicar el uso de datos históricos y su proyección hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva, o puede ser una combinación de ambos, es decir, un modelo matemático ajustado por el buen juicio del administrador.

Conforme introduzcamos las distintas técnicas de pronóstico en este capítulo, se dará cuenta que en realidad no existe un método superior. Lo que funciona mejor en una empresa con una serie de condiciones quizá sea un completo desastre en otra organización, o incluso en otro departamento de la misma empresa. Además, observará que hay límites para lo que puede esperarse de los pronósticos. Pocas veces son perfectos. Su preparación y supervisión también implica un gasto de tiempo y dinero.

Pocos negocios, sin embargo, se dan el lujo de eludir el proceso de pronosticar y sólo esperar a ver qué sucede, para después arriesgarse. La planeación efectiva a corto y largo plazo depende del pronóstico de la demanda de los productos de la compañía.

Horizonte de tiempo del pronóstico

Un pronóstico usualmente se clasifica por el *horizonte de tiempo futuro* que abarca. El horizonte de tiempo se clasifica en tres categorías:

1. *Pronóstico a corto plazo.* Este pronóstico tiene un periodo de hasta 1 año, pero casi siempre es menor que 3 meses. Se usa para planear las compras, programar el trabajo, determinar niveles de mano de obra, asignar el trabajo y decidir los niveles de producción.
2. *Pronóstico a mediano plazo.* Un pronóstico a mediano plazo, o intermedio, en general se extiende de 3 meses a 3 años. Es útil para planear las ventas, la producción, el presupuesto y el flujo de efectivo, así como para analizar los diversos planes de operaciones.
3. *Pronóstico a largo plazo.* En general comprende 3 años o más; los pronósticos a largo plazo se emplean para planear nuevos productos, gastos de capital, ubicación o ampliación de las instalaciones y la investigación y el desarrollo.

Los pronósticos a mediano y largo plazo se distinguen de los pronósticos a corto plazo por tres características:

1. Primero, los pronósticos a mediano y largo plazo *manejan cuestiones más globales* y apoyan las decisiones administrativas acerca de la planeación y productos, plantas y procesos. La implantación de algunas decisiones sobre instalaciones, como la decisión que tomó GM de abrir una nueva planta de manufactura en Brasilia, puede tomar, desde su concepción hasta su terminación, de cinco a ocho años.
2. Segundo, el pronóstico a corto plazo usualmente *emplea distintas metodologías* que el pronóstico a largo plazo. Las técnicas matemáticas, como promedios móviles, suavizamiento exponencial y extrapolación de tendencias (que examinaremos en breve), son comunes en los proyectos a corto plazo. Los métodos más amplios y *menos* cuantitativos resultan útiles para predecir, por ejemplo, si un nuevo producto, como una grabadora óptica de discos, debe introducirse en una línea de producto de una compañía.
3. Por último, como es de esperar, los pronósticos a corto plazo *tienden a ser más precisos* que los de largo plazo. Los factores que influyen en la demanda cambian todos los días, por tanto, en la medida que el horizonte de tiempo se alarga, es más probable que la precisión del pronóstico disminuya. Sobre decir entonces que los pronósticos de ventas deben actualizarse regularmente con el fin de mantener su valor y su integridad. Después de cada periodo de ventas, los pronósticos deben revisarse y corregirse.

Nuestra capacidad para pronosticar ha mejorado, pero ha sido rebasada por la creciente complejidad de la economía mundial.

Influencia del ciclo de vida del producto

Otro factor que se debe considerar cuando se desarrollan pronósticos de ventas, en especial los prolongados, es el ciclo de vida del producto. Los productos, e incluso los servicios, no se venden a un nivel constante a lo largo de su vida. Los productos con mayor éxito pasan por cuatro fases: 1. introducción; 2. crecimiento; 3. madurez, y 4. declinación.

Los productos en las primeras dos fases de su ciclo de vida (como la realidad virtual y los televisores de alta definición) necesitan pronósticos más lejanos que los que están en las fases de madurez y declinación (como los disquetes de 3 1/2" o las camionetas). Los pronósticos que reflejan los ciclos de vida son útiles para proyectar los distintos niveles de personal, niveles de inventario y capacidad de la planta que son necesarios mientras el producto transita de la primera a la última fase. El reto de introducir un nuevo producto se aborda con más detalle en el capítulo 3.

Pronósticos económicos

Indicadores de planeación valiosos por el apoyo que prestan a las organizaciones en la preparación de pronósticos de mediano y largo plazo.

Pronósticos tecnológicos

Pronósticos a largo plazo relacionados con los índices de progreso tecnológico.

Pronósticos de la demanda

Proyecciones de las ventas de la compañía para cada periodo en el horizonte de planeación.

TIPOS DE PRONÓSTICO

Las organizaciones emplean tres tipos principales de pronósticos al planear sus operaciones futuras:

1. Los **pronósticos económicos** abordan el ciclo del negocio al predecir tasas de inflación, suministros de dinero, construcción de viviendas y otros indicadores de planeación.
2. Los **pronósticos tecnológicos** se refieren a los índices de progreso tecnológico, que pueden dar lugar a nuevos productos interesantes, que requerirán nuevas plantas y equipo.
3. Los **pronósticos de la demanda** son proyecciones de la demanda de productos o servicios de la compañía. Estos pronósticos también se conocen como *pronósticos de ventas* y ayudan a orientar los sistemas de producción, capacidad y programación de la empresa, y sirven como factores en la planeación financiera, marketing y personal.

Los pronósticos tecnológicos y económicos son técnicas especializadas que tal vez no sean parte de la función del administrador de operaciones. Lo que se destaca en este libro es el pronóstico de la demanda.

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO

Un buen pronóstico es de importancia crucial para todos los aspectos del negocio: *el pronóstico es la única estimación de la demanda hasta que se conoce la demanda real*. Por lo tanto, los pronósticos de la demanda impulsan las decisiones en muchas áreas. Veamos el efecto del pronóstico de un producto en tres actividades: 1. recursos humanos, 2. capacidad y 3. administración de la cadena de suministro.

Recursos humanos

La contratación, capacitación y despido de los trabajadores dependen de la demanda prevista. Si el departamento de recursos humanos tiene que contratar trabajadores adicionales sin previo aviso, declina el nivel de capacitación y se afecta la calidad de la fuerza de trabajo. Una gran fábrica de productos químicos de Louisiana casi perdió a su principal cliente cuando una expansión súbita a 24 horas de operación derivó en el desplome del control de la calidad en el segundo y tercer turnos.

Capacidad

Cuando la capacidad es inadecuada, los faltantes que resultan pueden significar entregas poco confiables, pérdida de clientes y pérdida de la participación de mercado. Esto es justo lo que le pasó a Nabisco cuando subestimó la enorme demanda de sus nuevas galletas bajas en grasa, Snackwell Devil's. Incluso con las líneas de producción trabajando horas extra, Nabisco no pudo atender la demanda y perdió clientes. Por otro lado, si se construye una capacidad excesiva, los costos se dispararían.

Administración de la cadena de suministro

Las buenas relaciones con el proveedor y las subsecuentes ventajas de precio en materiales y partes dependen de pronósticos adecuados. Por ejemplo, los fabricantes de autos que desean que TRW Corp. les garantice suficiente capacidad de bolsas de aire deben proporcionarle los pronósticos adecuados que justifiquen la ampliación de su planta. En el mercado global, donde se manufacturan las costosas componentes de los jet Boeing 777 en docenas de países, la coordinación dirigida por los pronósticos es crucial. La programación de su transporte a Seattle para el ensamble final al menor costo posible significa que no habrá sorpresas de último momento que puedan dañar los ya de por sí bajos márgenes de utilidad.

SIETE PASOS EN EL SISTEMA DE PRONÓSTICO

El pronóstico sigue siete pasos básicos. Usaremos a Tupperware Corporation, en el *perfil global de la compañía* de este capítulo, como ejemplo de cada paso.

1. *Determinar el uso del pronóstico.* Tupperware emplea los pronósticos de la demanda para dirigir la producción en cada una de sus 13 plantas.
2. *Seleccionar los aspectos que se deben pronosticar.* Para Tupperware hay más de 400 productos, cada uno con su unidad de existencias en inventario (SKU, *stock-keeping unit*). Tupperware, como otras empresas de este tipo, obtiene pronósticos por familias (o grupos) de SKU.
3. *Determinar el horizonte del pronóstico.* ¿Es a corto, mediano o largo plazo? Tupperware desarrolla pronósticos mensuales, trimestrales y proyecciones de ventas a 12 meses.
4. *Seleccionar los modelos de pronóstico.* Tupperware usa una variedad de modelos estadísticos que analizaremos, incluyendo promedios móviles, suavizamiento exponencial y análisis de regresión. Asimismo utiliza modelos de juicio o no cuantitativos.
5. *Reunir los datos necesarios para elaborar el pronóstico.* Las oficinas centrales de Tupperware mantienen gigantescas bases de datos para dar seguimiento a las ventas de cada producto.
6. *Obtener el pronóstico.*
7. *Validar e implantar los resultados.* En Tupperware los pronósticos se revisan en los departamentos de ventas, marketing, finanzas y producción para asegurar la validez del modelo, las suposiciones y los datos. Después se aplican medidas del error y finalmente los pronósticos se usan en la programación de materiales, equipo y personal de cada planta.

Estos siete pasos plantean una forma sistemática para iniciar, diseñar e implantar un sistema de pronósticos. Cuando el propósito del sistema es generar pronósticos periódicos, la recolección de datos debe ser rutinaria. Después los cálculos reales casi siempre se elaboran en computadora.

Sin importar qué sistema usen las empresas como Tupperware, toda compañía enfrenta diversas realidades:

1. Los pronósticos pocas veces son perfectos. Esto significa que factores externos que no podemos predecir o controlar suelen afectar el pronóstico. Las compañías deben admitir esta realidad.
2. La mayoría de las técnicas de pronóstico suponen la existencia de cierta estabilidad subyacente en el sistema. En consecuencia, algunas empresas automatizan sus predicciones a través de software para pronósticos computarizados y después sólo vigilan de cerca aquellos productos con demanda muy variable.
3. Tanto los pronósticos de familias de productos como los agregados son más precisos que los pronósticos para productos individuales. Tupperware, por ejemplo, agrega los pronósticos de productos tanto por familia (como recipientes para mezcla *versus* tazas *versus* recipientes para almacenar) como por región. Este enfoque ayuda a contrarrestar la sobre o subestimación de cada producto y país.

ENFOQUES DE PRONÓSTICOS

Hay dos enfoques generales al pronosticar, tal como existen dos maneras de abordar todos los modelos de decisiones. Uno es el análisis cuantitativo; el otro el enfoque cualitativo. Los **pronósticos cuantitativos** utilizan una variedad de modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos o en variables causales para pronosticar la demanda. Los **pronósticos cualitativos** o subjetivos incorporan aquellos factores como la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quien toma la decisión para llegar al pronóstico. Las empresas emplean uno u otro enfoque, pero en la práctica, la combinación de ambos es casi siempre más efectiva.

Panorama de los métodos cualitativos

En esta sección consideramos cuatro técnicas de pronósticos *cualitativos*:

1. **Jurado de opinión de ejecutivos.** Con este método, las opiniones de un grupo de expertos o administradores de alto nivel, a menudo en combinación con modelos estadísticos, convergen para llegar a una estimación grupal de la demanda. Bristol-Meyers Squibb Company, por ejemplo, emplea 220 científicos destacados como jurado de opinión de ejecutivos, con el fin de tener una idea de las tendencias futuras en el mundo de la investigación médica.

“Quienes pueden predecir el futuro nunca han sido apreciados en su propio tiempo”.

Philip Crosby,
experto en calidad

Pronósticos cuantitativos

Pronósticos que emplean uno o más modelos matemáticos que se apoyan en datos históricos o en variables causales para pronosticar la demanda.

Pronósticos cualitativos

Pronósticos que incorporan factores como la intuición, las emociones, las experiencias personales y el sistema de valores de quienes toman las decisiones.

Jurado de opinión de ejecutivos

Técnica de pronósticos que toma la opinión de un pequeño grupo de administradores de alto nivel para obtener una estimación grupal de la demanda.

Método Delphi

Técnica de pronósticos cuyo proceso grupal permite a los expertos hacer pronósticos.

Composición de la fuerza de ventas

Técnica de pronóstico basada en la estimación de las ventas esperadas por parte de los vendedores.

Encuesta en el mercado de consumo

Método de pronóstico que solicita información a los clientes o posibles clientes respecto de sus planes de compra futuros.

2. **Método Delphi.** Hay tres tipos de participantes en el método Delphi: los que toman decisiones, el personal y los entrevistados. Los primeros suelen ser un grupo de 5 a 10 expertos que irán elaborando el pronóstico real. El personal ayuda a los que toman decisiones al preparar, distribuir, recolectar y resumir la serie de cuestionarios y los resultados de las encuestas. Los entrevistados forman un grupo de personas, a menudo localizadas en distintos sitios, cuyos juicios se valoran. Este grupo proporciona información a quienes toman las decisiones antes de hacer el pronóstico.

El estado de Alaska, por ejemplo, ha empleado el método Delphi para desarrollar su pronóstico económico a largo plazo. Un sorprendente 90% del presupuesto estatal deriva de los 1.5 millones de barriles de petróleo que alimentan al oleoducto en Prudhoe Bay. El enorme panel de expertos de Delphi debe representar a todos los grupos de opinión en el estado y a todas las áreas geográficas. Delphi fue la herramienta de pronóstico ideal porque pudo evitarse el viaje de los panelistas. También significó que los ciudadanos líderes de opinión pudieran participar sin que las reuniones y distancias afectaran sus horarios.

3. **Composición de la fuerza de ventas.** En este enfoque, cada vendedor estima cuáles serán las ventas en su región. Tras revisar las estimaciones para asegurar que sean realistas, se combinan a nivel de distrito y nacional para llegar a un pronóstico global.
4. **Encuesta en el mercado de consumo.** Este método solicita información a los clientes o posibles clientes sobre sus planes de compra futuros. Ayuda no sólo a preparar el pronóstico, sino también a mejorar el diseño del producto y la planeación de nuevos productos. En ocasiones, tanto la encuesta en el mercado de consumo como la composición de la fuerza de ventas son técnicas que adolecen de un optimismo exagerado que surge de la información de los clientes. La caída de la industria de las telecomunicaciones en 2001, fue resultado de la sobreexpansión que pretendía satisfacer una “demanda explosiva de clientes”. ¿De dónde salió esta información? Oplink Communications, un proveedor de Nortel Networks, dice que “durante los últimos años los pronósticos de su compañía se basaron principalmente en conversaciones informales con sus clientes”.¹

Panorama de los métodos cuantitativos

Este capítulo describe cinco métodos de pronósticos cuantitativos que emplean datos históricos y pertenecen a dos categorías:

- | | | |
|------------------------------|---|------------------------------------|
| 1. Enfoque intuitivo | } | Modelos de series de tiempo |
| 2. Promedios móviles | | |
| 3. Suavizamiento exponencial | | |
| 4. Proyección de tendencias | | |
| 5. Regresión lineal | } | modelo asociativo |

Series de tiempo

Técnica de pronóstico que emplea una serie de datos puntuales históricos para obtener el pronóstico.

Modelos de series de tiempo

Los modelos de **series de tiempo** predicen bajo la suposición de que el futuro es una función del pasado. En otras palabras, observan lo que ha ocurrido durante un periodo determinado y usan una serie de datos históricos para hacer un pronóstico. Si estamos pronosticando las ventas semanales de cortadoras de césped, utilizamos datos de las ventas semanales anteriores de cortadoras de césped al realizar el pronóstico.

Modelos asociativos

Los modelos asociativos (o causales), como regresión lineal, incorporan las variables o factores que pueden influir en la cantidad por pronosticar. Por ejemplo, un modelo asociativo sobre las ventas de cortadoras de césped incluye factores como la construcción de nuevas viviendas, el presupuesto de publicidad y los precios de los competidores.

Dos citas famosas:

“Nunca podrás planear el futuro a partir del pasado”.

Sir Edmund Burke

“No conozco otra forma de juzgar el futuro, sino a partir del pasado”.

Patrick Henry

PRONÓSTICOS DE SERIES DE TIEMPO

Una serie de tiempo se basa en una secuencia de datos puntuales separados a intervalos iguales (semanas, meses, trimestres, etcétera). Los ejemplos incluyen las ventas semanales de Nike Air Jordans, los reportes de ingresos trimestrales en Microsoft, los embarques diarios de cerveza Coors y los índices anuales de precios al consumidor. Los datos de series de tiempo para pronósticos implican que los valores futuros se predicen *solamente* a partir de los valores pasados, y que se pueden ignorar otras variables, sin importar qué tan potencialmente valiosas sean.

¹“Lousy Sales Forecasts Helped Fuel the Telecom Mess”, *The Wall Street Journal* (9 de julio de 2001): B1-B4.

Descomposición de una serie de tiempo

Analizar una serie significa desglosar los datos históricos en componentes y después proyectarlos al futuro. Una serie de tiempo tiene cuatro componentes: tendencia, estacionalidad, ciclos y variación aleatoria.

1. La *tendencia* es el movimiento gradual, ascendente o descendente, de los datos en el tiempo. Las fluctuaciones en el ingreso, la población, la distribución por edad o los puntos de vista culturales a veces son responsables del cambio en una tendencia.
2. La *estacionalidad* es un patrón de datos que se repite después de un periodo de días, semanas, meses o trimestres. Existen seis patrones comunes de estacionalidad:

| PERIODO DEL PATRÓN | LONGITUD DE LA "ESTACIÓN" | NÚMERO DE "ESTACIONES" EN EL PATRÓN |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Semana | Día | 7 |
| Mes | Semana | 4-4 1/2 |
| Mes | Día | 28-31 |
| Año | Trimestre | 4 |
| Año | Mes | 12 |
| Año | Semana | 52 |

Los restaurantes y las peluquerías, por ejemplo, experimentan estaciones semanales, donde los sábados son los días pico en sus negocios. Los distribuidores de cerveza pronostican patrones anuales, con estaciones mensuales. Cada una de las tres "estaciones" —mayo, julio y septiembre— contiene un día festivo en el que se ingiere mucha cerveza.

3. Los *ciclos* son patrones en los datos que se repiten después de varios años. Usualmente están sujetos al ciclo comercial y son de suma importancia para el análisis y la planeación del negocio a corto plazo. La predicción de los ciclos comerciales es difícil porque los acontecimientos políticos o la agitación internacional llegan a afectarlos.
4. Las *variaciones aleatorias* son "señales" en los datos generadas por casualidad o por situaciones inusuales. No siguen ningún patrón detectable y, por lo tanto, no se pueden predecir.

La figura 5.1 ilustra la demanda en un periodo de 4 años. Muestra el promedio, la tendencia, las componentes estacionales y las variaciones aleatorias alrededor de la curva de la demanda. La demanda promedio es la suma de la demanda en cada periodo dividida entre el número de periodos de los datos.

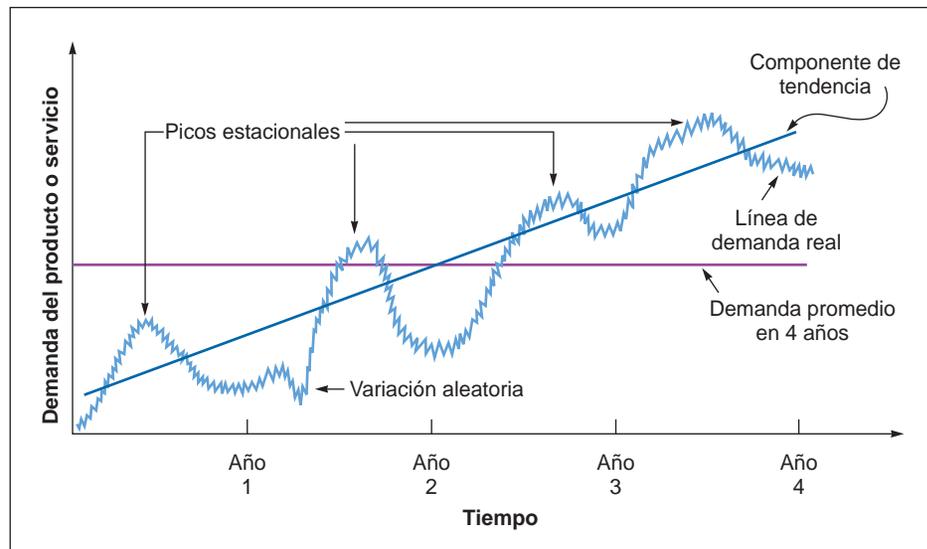
Durante los tiempos de estabilidad es sencillo pronosticar; se trata sólo del desempeño de este año con más o menos unos cuantos puntos porcentuales.

Enfoque intuitivo

La forma más sencilla de pronosticar es suponer que la demanda del siguiente periodo será igual a la demanda del periodo más reciente. En otras palabras, si las ventas de un producto —digamos, teléfonos celulares Motorola— fueron 68 unidades en enero, podemos pronosticar que en febrero las ventas también

FIGURA 5.1 ■

Gráfica de la demanda de un producto durante cuatro años que señala una tendencia de crecimiento y estacionalidad



Enfoque intuitivo

Técnica de pronósticos que supone que la demanda del siguiente periodo será igual a la demanda del periodo más reciente.

serán 68 teléfonos. ¿Tiene sentido esto? Pues resulta que para algunas líneas de productos el **enfoque intuitivo** es el modelo de pronóstico más efectivo en costos y eficientemente objetivo. Cuando menos ofrece un punto de partida contra el cual comparar otros modelos más sofisticados que se apliquen más adelante.

Promedios móviles

Promedios móviles

Método de pronósticos que emplea un promedio de los *n* periodos más recientes de datos para pronosticar el siguiente periodo.

El método de **promedios móviles** usa un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico. Los promedios móviles son útiles *si podemos suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo*. Un promedio móvil de 4 meses se encuentra simplemente sumando la demanda de los últimos 4 meses y dividiéndola entre cuatro. Al concluir cada mes, los datos del mes más reciente se agregan a la suma de los 3 meses anteriores y se elimina el dato del mes más antiguo. Esta práctica tiende a suavizar las irregularidades del corto plazo en las series de datos.

Matemáticamente, el promedio móvil simple (que sirve como estimación de la demanda del siguiente periodo) se expresa como

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\sum \text{demanda en los } n \text{ periodos anteriores}}{n} \tag{5-1}$$

donde *n* es el número de periodos que comprende el promedio móvil; por ejemplo, 4, 5 o 6 meses, respectivamente, para un promedio móvil de 4, 5 o 6 periodos.

El ejemplo 1 muestra cómo se calculan los promedios móviles.

Ejemplo 1

Las ventas de cobertizos de almacenamiento en Donna’s Garden Supply se muestran en la columna central de la siguiente tabla. A la derecha se da el promedio móvil de 3 meses.

| MES | VENTAS REALES DE COBERTIZOS | PROMEDIO MÓVIL DE 3 MESES |
|------------|-----------------------------|---------------------------|
| Enero | 10 | |
| Febrero | 12 | |
| Marzo | 13 | |
| Abril | 16 | (10 + 12 + 13)/3 = 11 2/3 |
| Mayo | 19 | (12 + 13 + 16)/3 = 13 2/3 |
| Junio | 23 | (13 + 16 + 19)/3 = 16 |
| Julio | 26 | (16 + 19 + 23)/3 = 19 1/3 |
| Agosto | 30 | (19 + 23 + 26)/3 = 22 2/3 |
| Septiembre | 28 | (23 + 26 + 30)/3 = 26 1/3 |
| Octubre | 18 | (26 + 30 + 28)/3 = 28 |
| Noviembre | 16 | (30 + 28 + 18)/3 = 25 1/3 |
| Diciembre | 14 | (28 + 18 + 16)/3 = 20 2/3 |

Por tanto, vemos que el pronóstico para diciembre es 20 2/3. Para proyectar la demanda de cobertizos en enero próximo, sumamos las ventas de octubre, noviembre y diciembre y dividimos entre 3: pronóstico para enero = (18 + 16 + 14)/3 = 16.

Cuando se presenta una tendencia o patrón, se utilizan *ponderaciones* para dar más importancia a los valores recientes. Esta práctica permite que las técnicas de pronóstico respondan más rápido a los cambios, ya que puede darse mayor peso a los periodos más recientes. La elección de las ponderaciones es un tanto arbitraria porque no existe una fórmula establecida para determinarlas. Por ello, decidir qué ponderación emplear requiere cierta experiencia. Por ejemplo, si el último mes o periodo se pondera demasiado alto, el pronóstico puede reflejar un cambio grande inusual, demasiado rápido en el patrón de demanda o de ventas.

Un promedio móvil ponderado se expresa matemáticamente como

$$\text{Promedio móvil ponderado} = \frac{\sum (\text{ponderación para periodo } n)(\text{demanda en periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}} \tag{5-2}$$

El ejemplo 2 muestra cómo calcular un promedio móvil ponderado.

Ejemplo 2

Donna’s Garden Supply (véase el ejemplo 1) decidió pronosticar las ventas de cobertizos ponderando los últimos tres meses como sigue:

| PONDERACIÓN APLICADA | PERIODO |
|----------------------|-----------------------|
| 3 | Último mes |
| 2 | Hace dos meses |
| 1 | Hace tres meses |
| 6 | Suma de ponderaciones |

Pronóstico para este mes =
$$\frac{3 \times \text{ventas último mes.} + 2 \times \text{ventas hace 2 meses} + 1 \times \text{ventas hace 3 meses}}{6}$$

Los resultados de este pronóstico de promedio ponderado son:

| MES | VENTAS REALES DE COBERTIZOS | PROMEDIO MÓVIL PONDERADO DE 3 MESES |
|------------|-----------------------------|---|
| Enero | 10 | |
| Febrero | 12 | |
| Marzo | 13 | |
| Abril | 16 | $[(3 \times 13) + (2 \times 12) + (10)]/6 = 12 \frac{1}{6}$ |
| Mayo | 19 | $[(3 \times 16) + (2 \times 13) + (12)]/6 = 14 \frac{1}{3}$ |
| Junio | 23 | $[(3 \times 19) + (2 \times 16) + (13)]/6 = 17$ |
| Julio | 26 | $[(3 \times 23) + (2 \times 19) + (16)]/6 = 20 \frac{1}{2}$ |
| Agosto | 30 | $[(3 \times 26) + (2 \times 23) + (19)]/6 = 23 \frac{5}{6}$ |
| Septiembre | 28 | $[(3 \times 30) + (2 \times 26) + (23)]/6 = 27 \frac{1}{2}$ |
| Octubre | 18 | $[(3 \times 28) + (2 \times 30) + (26)]/6 = 28 \frac{1}{3}$ |
| Noviembre | 16 | $[(3 \times 18) + (2 \times 28) + (30)]/6 = 23 \frac{1}{3}$ |
| Diciembre | 14 | $[(3 \times 16) + (2 \times 18) + (28)]/6 = 18 \frac{2}{3}$ |

En esta situación particular de pronósticos, se observa que cuanto más se pondera el último mes, la proyección que se obtiene es mucho más precisa.

El empleo de datos de hace 20 años (por ejemplo, precios de vivienda o índices de escolaridad) quizá no sea tan útil, o tal vez no sea tan necesario usar todos los datos históricos para pronosticar los valores del año siguiente. No siempre es necesario usar *todos* los datos.

Tanto los promedios móviles simples como los ponderados son efectivos para suavizar las fluctuaciones repentinas en el patrón de la demanda, con el fin de obtener estimaciones estables. Sin embargo, los promedios móviles presentan tres problemas:

1. Aumentar el tamaño de *n* (el número de periodos promediados) si bien permite suavizar mejor las fluctuaciones, también resta sensibilidad al método ante los cambios *reales* en los datos.
2. Los promedios móviles no reflejan muy bien las tendencias. Puesto que son promedios, siempre se quedarán en niveles pasados, no predicen los cambios hacia niveles más altos ni más bajos. Es decir, *retrasan* los valores reales.
3. Los promedios móviles requieren amplios registros de datos históricos.

La figura 5.2, una gráfica de los datos de los ejemplos 1 y 2, ilustra el efecto de retraso de los modelos de promedios móviles. Observe que tanto las líneas de los promedios móviles como las de promedios móviles ponderados retrasan la demanda real de abril en adelante. Sin embargo, los promedios móviles ponderados en general reaccionan más rápido ante los cambios en la demanda. Incluso en periodos a la baja (véase noviembre y diciembre), siguen la demanda de manera más cercana.

Suavizamiento exponencial

El **suavizamiento exponencial** es un sofisticado método de pronóstico de promedios móviles ponderados cuya aplicación sigue siendo muy sencilla. Implica mantener *muy pocos* registros de datos históricos. La fórmula básica para el suavizamiento exponencial se expresa como sigue:

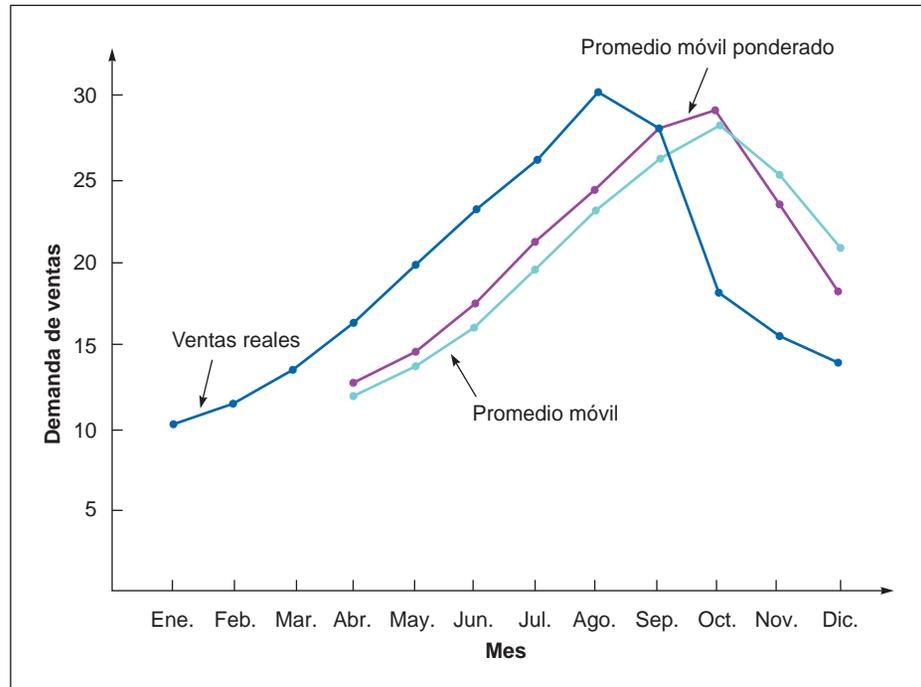
$$\text{Nuevo pronóstico} = \text{pronóstico del periodo anterior} + \alpha (\text{demanda real en mes anterior} - \text{pronóstico del periodo anterior}) \tag{5-3}$$

Suavizamiento exponencial

Técnica de pronóstico de promedios móviles ponderados donde los datos se ponderan mediante una función exponencial.

FIGURA 5.2 ■

Demanda real versus métodos de promedios móviles y promedios móviles ponderados para Donna's Garden Supply



Constante de suavizado

Factor de ponderación que se emplea en un pronóstico de suavizamiento exponencial; es un número entre 0 y 1.

donde α es la ponderación, o **constante de suavizado**, elegida por quien pronostica, que tiene un valor entre 0 y 1. La ecuación (5-3) también se escribe matemáticamente como

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \tag{5-4}$$

- donde F_t = nuevo pronóstico
- F_{t-1} = pronóstico anterior
- α = constante de suavizado (o ponderación) ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- A_{t-1} = demanda real en el periodo anterior

El concepto no es complicado. La última estimación de la demanda es igual a la estimación anterior ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del último periodo y la estimación anterior. El ejemplo 3 muestra cómo se usa el suavizamiento exponencial para obtener un pronóstico.

Ejemplo 3

En enero, un distribuidor de automóviles predijo que la demanda para febrero sería de 142 Ford Mustang. La demanda real de febrero fue de 153 autos. Si empleamos la constante de suavizado que eligió la administración, $\alpha = .20$, podemos pronosticar la demanda de marzo mediante el modelo de suavizamiento exponencial. Sustituyendo los datos del ejemplo en la fórmula, obtenemos

$$\begin{aligned} \text{Nuevo pronóstico (para la demanda de marzo)} &= 142 + .2(153 - 142) = 142 + 2.2 \\ &= 144.2 \end{aligned}$$

Así, el pronóstico para la demanda de Ford Mustang en marzo se redondea a 144.

El término "suavizamiento exponencial" quizá no sea elocuente, pero en realidad tiene un uso amplio en los negocios y es una parte importante de muchos sistemas computarizados para el control de inventarios.

La *constante de suavizado*, α , se encuentra generalmente en un intervalo de .05 a .50 para aplicaciones comerciales. Puede cambiarse para dar más peso a los datos recientes (si α es alta) o más peso a los datos anteriores (si α es baja). Cuando α llega al extremo de 1.0, entonces en la ecuación (5-4), $F_t = 1.0A_{t-1}$. Todos los valores anteriores se desechan y el pronóstico se vuelve idéntico al modelo intuitivo, que se mencionó en este capítulo. Es decir, el pronóstico para el siguiente periodo es justo la demanda para este periodo.

La siguiente tabla ayuda a ilustrar el concepto. Por ejemplo, cuando $\alpha = .5$, podemos ver que el nuevo pronóstico se basa casi por completo en la demanda de los últimos tres o cuatro periodos. Cuando $\alpha = .1$, el pronóstico da poco peso a la demanda reciente y toma en cuenta los valores históricos de muchos periodos (casi 19).



Hace unos años y justo tres semanas después de que IBM anunciara su nueva línea de computadoras para el hogar, ya se habían vendido todas las existencias para el año y no pudo satisfacer los pedidos de fin de año. ¿Por qué? IBM atribuye los faltantes a un pronóstico conservador; un problema crónico de cálculo equivocado de la demanda de computadoras personales. La pérdida de ingresos potenciales por 100 millones de dólares ocurrida dos años antes, se estaba repitiendo por problemas semejantes de pronóstico para la popular computadora portátil Think Pad de IBM.

| CONSTANTE DE SUAVIZADO | PONDERACIÓN ASIGNADA | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|--|--|--|--|
| | PERIODO MÁS RECIENTE (α) | 2 ^{DO} PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)$ | 3 ^{ER} PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)^2$ | 4 ^{TO} PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)^3$ | 5 ^{TO} PERIODO MÁS RECIENTE $\alpha(1 - \alpha)^4$ |
| $\alpha = .1$ | .1 | .09 | .081 | .073 | .066 |
| $\alpha = .5$ | .5 | .25 | .125 | .063 | .031 |

Selección de la constante de suavizado El enfoque de suavizamiento exponencial es sencillo de usar y se ha empleado con éxito en prácticamente todo tipo de negocios. Sin embargo, el valor apropiado de la constante de suavizado, α , puede ser la diferencia entre un pronóstico preciso y un pronóstico impreciso. Se eligen valores altos de α cuando el promedio subyacente tiene probabilidades de cambiar. Se emplean valores bajos de α cuando el promedio en que se basa es bastante estable. Al elegir los valores de la constante de suavizado, el objetivo es obtener el pronóstico más preciso.

Medición del error del pronóstico

La precisión general de cualquier modelo de pronóstico —promedios móviles, suavizamiento exponencial o cualquier otro— se determina comparando los valores pronosticados con los valores reales u observados. Si F_t denota el pronóstico en el periodo t , y A_t denota la demanda real del periodo t , el *error de pronóstico* (o desviación) se define como

$$\begin{aligned} \text{Error del pronóstico} &= \text{demanda real} - \text{valor pronosticado} \\ &= A_t - F_t \end{aligned}$$

Existen varias medidas de uso común en la práctica para calcular el error global del pronóstico. Estas medidas sirven para comparar distintos modelos de pronóstico, así como para vigilar los pronósticos y asegurar su buen desempeño. Las tres medidas más comunes son desviación absoluta media (MAD, *mean absolute deviation*), error cuadrático medio (MSE, *mean squared error*) y error porcentual absoluto medio (MAPE, *mean absolute percent error*). A continuación describimos y damos un ejemplo de cada uno.

El error de pronóstico nos dice qué tan buen desempeño tiene el modelo comparado consigo mismo usando datos históricos.

Desviación absoluta media (MAD)

Medición del error global del pronóstico para un modelo.

Desviación absoluta media La primera medición del error global del pronóstico para un modelo es la **desviación absoluta media (MAD)**. Su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo entre el número de periodos de datos (n):

$$MAD = \frac{\sum |\text{real} - \text{pronóstico}|}{n} \tag{5-5}$$

En el ejemplo 4 se aplica este concepto por prueba y error para dos valores de α .

Ejemplo 4

Durante los últimos 8 trimestres, el puerto de Baltimore ha descargado de los barcos grandes cantidades de grano. El administrador de operaciones del puerto quiere probar el uso de suavizamiento exponencial para ver qué tan bien funciona la técnica para predecir el tonelaje descargado. Supone que el pronóstico de grano descargado durante el primer trimestre fue 175 toneladas. Se examinan dos valores de α : $\alpha = .10$ y $\alpha = .50$. La siguiente tabla muestra los cálculos *detallados* sólo para $\alpha = .10$:

| TRIMESTRE | TONELADAS REALES DESCARGADAS | PRONÓSTICO REDONDEADO CON $\alpha = .10^A$ | PRONÓSTICO REDONDEADO CON $\alpha = .50^A$ |
|-----------|------------------------------|--|--|
| 1 | 180 | 175 | 175 |
| 2 | 168 | $176 = 175.00 + .10(180 - 175)$ | 178 |
| 3 | 159 | $175 = 175.50 + .10(168 - 175.50)$ | 173 |
| 4 | 175 | $173 = 174.75 + .10(159 - 174.75)$ | 166 |
| 5 | 190 | $173 = 173.18 + .10(175 - 173.18)$ | 170 |
| 6 | 205 | $175 = 173.36 + .10(190 - 173.36)$ | 180 |
| 7 | 180 | $178 = 175.02 + .10(205 - 175.02)$ | 193 |
| 8 | 182 | $178 = 178.02 + .10(180 - 178.02)$ | 186 |
| 9 | ? | $179 = 178.22 + .10(182 - 178.22)$ | 184 |

^APronóstico redondeado a la tonelada más próxima.

Para evaluar la precisión de ambas constantes de suavizado, calculamos los errores de pronóstico en términos de desviaciones absolutas y MAD.

| TRIMESTRE | TONELADAS REALES DESCARGADAS | PRONÓSTICO REDONDEADO CON $\alpha = .10$ | DESVIACIÓN ABSOLUTA PARA $\alpha = .10$ | PRONÓSTICO REDONDEADO CON $\alpha = .50$ | DESVIACIÓN ABSOLUTA PARA $\alpha = .50$ |
|--|------------------------------|--|---|--|---|
| 1 | 180 | 175 | 5 | 175 | 5 |
| 2 | 168 | 176 | 8 | 178 | 10 |
| 3 | 159 | 175 | 16 | 173 | 14 |
| 4 | 175 | 173 | 2 | 166 | 9 |
| 5 | 190 | 173 | 17 | 170 | 20 |
| 6 | 205 | 175 | 30 | 180 | 25 |
| 7 | 180 | 178 | 2 | 193 | 13 |
| 8 | 182 | 178 | 4 | 186 | 4 |
| Suma de desviaciones absolutas | | | 84 | | 100 |
| MAD = $\frac{\sum \text{desviaciones} }{n}$ | | | 10.50 | | 12.50 |

Con base en este análisis, una constante de suavizado de $\alpha = .10$ es preferible a $\alpha = .50$ porque su MAD es más pequeña.

La mayoría de los paquetes para pronósticos computarizados incluye una característica que automáticamente encuentra la constante de suavizado con el menor error de pronóstico. Otros modifican el valor de α si los errores rebasan el límite aceptable.

Error cuadrático medio (MSE)

Promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y los observados.

Error cuadrático medio

El error cuadrático medio (MSE) es una segunda forma de medir el error global del pronóstico. El MSE es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y observados. Su fórmula es

$$MSE = \frac{\sum(\text{errores de pronóstico})^2}{n} \tag{5-6}$$

En el ejemplo 5 se determina el MSE para el Puerto de Baltimore introducido en el ejemplo 4.

Ejemplo 5

| TRIMESTRE | TONELADAS REALES DESCARGADAS | PRONÓSTICO PARA $\alpha = .10$ | (ERROR) ² |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 180 | 175 | 5 ² = 25 |
| 2 | 168 | 176 | (-8) ² = 64 |
| 3 | 159 | 175 | (-16) ² = 256 |
| 4 | 175 | 173 | 2 ² = 4 |
| 5 | 190 | 173 | 17 ² = 289 |
| 6 | 205 | 175 | 30 ² = 900 |
| 7 | 180 | 178 | 2 ² = 4 |
| 8 | 182 | 178 | 4 ² = 16 |
| Suma de cuadrados de los errores = | | | 1,558 |

$$MSE = \frac{\sum \text{errores de pronóstico}^2}{n} = 1,558/8 = 194.75$$

¿Es bueno o malo este MSE? Todo depende de los errores cuadráticos medios para otros valores de α . Como un ejercicio de práctica encuentre MSE para $\alpha = .50$. (Debe obtener MSE = 201.5.) El resultado indica que $\alpha = .10$ es una mejor elección porque se desea minimizar el MSE. Por coincidencia, esto confirma la conclusión a que se llegó empleando MAD en el ejemplo 4.

MSE acentúa las desviaciones importantes.

Una desventaja de emplear MSE es que tiende a acentuar las desviaciones importantes debido al término al cuadrado. Por ejemplo, si el error de pronóstico para el periodo 1 es dos veces más grande que el error para el periodo 2, entonces el error al cuadrado en el periodo 1 es cuatro veces más grande que el del periodo 2. Por lo tanto, el empleo del MSE como medición del error de pronóstico usualmente indica que se prefiere tener varias desviaciones pequeñas en lugar de una sola desviación grande.

Error porcentual absoluto medio (MAPE)

Promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los reales, expresado como porcentaje de los valores reales.

Error porcentual absoluto medio

Un problema con MAD y con MSE es que sus valores dependen de la magnitud del elemento que se pronostica. Si el elemento pronosticado se mide en millares, los valores de MAD y MSE pueden ser muy grandes. Para eludir este problema, podemos emplear el error porcentual absoluto medio (MAPE). Éste se calcula como el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los reales y se expresa como porcentaje de los valores reales. Es decir, si hemos pronosticado n periodos y los valores reales corresponden a n periodos, MAPE se calcula como:

$$MAPE = \frac{100 \sum_{i=1}^n |\text{real}_i - \text{pronóstico}_i| / \text{real}_i}{n} \tag{5-7}$$

El ejemplo 6 ilustra los cálculos con los datos de los ejemplos 4 y 5.

Ejemplo 6

| TRIMESTRE | TONELADAS REALES DESCARGADAS | PRONÓSTICO PARA $\alpha = .10$ | ERROR PORCENTUAL ABSOLUTO $100(\text{error} /\text{real})$ |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | 180 | 175 | 100(5/180) = 2.77% |
| 2 | 168 | 176 | 100(8/168) = 4.76% |
| 3 | 159 | 175 | 100(16/159) = 10.06% |
| 4 | 175 | 173 | 100(2/175) = 1.14% |
| 5 | 190 | 173 | 100(17/190) = 8.95% |
| 6 | 205 | 175 | 100(30/205) = 14.63% |
| 7 | 180 | 178 | 100(2/180) = 1.11% |
| 8 | 182 | 178 | 100(4/182) = 2.20% |
| Suma de errores porcentuales = | | | 45.62% |

$$MAPE = \frac{\sum \text{errores porcentuales absolutos}}{n} = \frac{45.62\%}{8} = 5.70\%$$

AO EN ACCIÓN

Pronósticos en Disney World

Cuando Michael Eisner, presidente de Disney, recibe el reporte diario de sus principales parques de diversiones en Orlando, Florida, el informe sólo contiene dos números: el del *pronóstico* de la asistencia del día de ayer a los parques (Magic Kingdom, Epcot, Fort Wilderness, MGM Studios y Bizzard Beach) y la asistencia *real*. Se espera un error cercano a cero (con MAPE como medida). Eisner toma muy en serio sus pronósticos.

Sin embargo, el equipo que elabora los pronósticos en Disney World no hace sólo una predicción al día, ni Eisner es su único cliente. También desarrolla pronósticos diarios, semanales, mensuales, anuales y quinquenales, para los departamentos de administración de personal, mantenimiento, operaciones, finanzas y programación del parque. Estos pronosticadores usan modelos de juicio, econométricos, de promedios móviles y análisis de regresión. El pronóstico anual del volumen total, realizado por el equipo en 1999 para el año 2000, arrojó un MAPE de 0.

Puesto que 20% de los clientes de Disney World vienen de fuera de Estados Unidos, su modelo económico incluye variables como la confianza del cliente y el producto nacional bruto de siete países. Disney también encuesta anualmente a más de un millón de personas para conocer sus planes de viaje y sus experiencias en los parques de diversiones. Lo anterior no sólo ayuda a pronosticar la asistencia, sino su comportamiento en cada juego (cuánto tiempo esperan y cuántas veces se suben las personas a una misma atracción). Los datos para el modelo de pronóstico mensual incluyen promociones aéreas, declaraciones del Director de Federal Reserve y las tendencias de Wall Street. Disney monitorea los calendarios de días festivos y vacaciones en 3,000 distritos escolares dentro y fuera de Estados Unidos.

Fuente: J. Newkirk y M. Haskell. "Forecasting in the Service Sector", presentado en la 12a. Reunión Anual de la Production and Operations Management Society, 1o. de abril de 2001, Orlando, Florida.

MAPE expresa el error como porcentaje de los valores reales.

MAPE es quizá la medida más fácil de interpretar. Por ejemplo, un resultado cuyo MAPE es 6% indica claramente que no depende de aspectos como la magnitud de los datos de entrada.

Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

El suavizamiento exponencial simple, la técnica ilustrada en los ejemplos 3 a 6, como *cualquier* técnica de promedios móviles, falla en su respuesta a las tendencias. Existen, por supuesto, otras técnicas de pronóstico que permiten manejar mejor las tendencias. No obstante, como el suavizamiento exponencial es un enfoque tan común en los negocios, lo estudiaremos con mayor detalle.

A continuación describimos la razón por la que el suavizamiento exponencial debe modificarse cuando se observa una tendencia. Suponga que la demanda de un producto o servicio ha venido aumentando en 100 unidades cada mes y que hemos obtenido pronósticos con $\alpha = 0.4$ en el modelo de suavizamiento exponencial. La siguiente tabla muestra un retraso considerable en los meses 2, 3, 4 y 5 aun cuando nuestra estimación inicial para el mes 1 es perfecta.

| MES | DEMANDA REAL | PRONÓSTICO POR MES $t(F_t)$ |
|-----|--------------|---|
| 1 | 100 | $F_1 = 100$ (dada) |
| 2 | 200 | $F_2 = F_1 + \alpha(A_1 - F_1) = 100 + .4(100 - 100) = 100$ |
| 3 | 300 | $F_3 = F_2 + \alpha(A_2 - F_2) = 100 + .4(200 - 100) = 140$ |
| 4 | 400 | $F_4 = F_3 + \alpha(A_3 - F_3) = 140 + .4(300 - 140) = 204$ |
| 5 | 500 | $F_5 = F_4 + \alpha(A_4 - F_4) = 204 + .4(400 - 204) = 282$ |

Para mejorar nuestro pronóstico, veremos un modelo de suavizamiento exponencial más complejo. Uno que hace ajustes de tendencia. La idea es calcular un promedio suavizado exponencialmente de los datos y después ajustar el retraso positivo o negativo en la tendencia. La nueva fórmula es

$$\text{Pronóstico incluyendo la tendencia } (FIT_t) = \text{pronóstico exponencialmente suavizado } (F_t) + \text{tendencia exponencialmente suavizada } (T_t) \tag{5-8}$$

Con el suavizamiento exponencial ajustado por tendencia, las estimaciones del promedio y la tendencia se suavizan. Este procedimiento requiere dos constantes de suavizado, α para el promedio y β para la tendencia. Después calculamos el promedio y la tendencia para cada periodo:

$$F_t = \alpha(\text{demanda real del último periodo}) + (1 - \alpha)(\text{pronóstico del último periodo} + \text{tendencia estimada para el último periodo})$$

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5-9)$$

$$T_t = \beta(\text{pronóstico de este periodo} - \text{pronóstico del último periodo}) \\ + (1 - \beta)(\text{tendencia estimada para el último periodo})$$

o

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5-10)$$

donde F_t = pronóstico exponencialmente suavizado de la serie de datos en el periodo t
 T_t = tendencia exponencialmente suavizada en el periodo t
 A_t = demanda real en el periodo t
 α = constante de suavizado para el promedio ($0 \leq \alpha \leq 1$)
 β = constante de suavizado para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

Así, los tres pasos para calcular el pronóstico con ajuste de tendencia son:

Paso 1: Calcule F_t , el pronóstico exponencialmente suavizado para el periodo t , empleando la ecuación (5-9).

Paso 2: Calcule la tendencia suavizada, T_t usando la ecuación (5-10).

Paso 3: Calcule el pronóstico incluyendo la tendencia, FIT_t , con la fórmula $FIT_t = F_t + T_t$.

El ejemplo 7 muestra la forma de aplicar suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia.

Ejemplo 7

Un importante fabricante de Portland usa suavizamiento exponencial para pronosticar la demanda de un equipo para control de contaminación. Aparentemente, hay una tendencia creciente.

| MES (t) | DEMANDA REAL (A_t) | MES (t) | DEMANDA REAL (A_t) |
|-------------|------------------------|-------------|------------------------|
| 1 | 12 | 6 | 21 |
| 2 | 17 | 7 | 31 |
| 3 | 20 | 8 | 28 |
| 4 | 19 | 9 | 36 |
| 5 | 24 | 10 | ? |

Se asigna a las constantes de suavizado los valores $\alpha = .2$ y $\beta = .4$. Suponga que el pronóstico inicial para el mes 1 (F_1) fue 11 unidades y la tendencia durante el mismo periodo (T_1) fue 2 unidades.

Paso 1: Pronostique para el mes 2:

$$F_2 = \alpha A_1 + (1 - \alpha)(F_1 + T_1) \\ F_2 = (.2)(12) + (1 - .2)(11 + 2) \\ = 2.4 + (.8)(13) = 2.4 + 10.4 = 12.8 \text{ unidades}$$

Paso 2: Calcule la tendencia en el periodo 2:

$$T_2 = \beta(F_2 - F_1) + (1 - \beta)T_1 \\ = .4(12.8 - 11) + (1 - .4)(2) \\ = (.4)(1.8) + (.6)(2) = .72 + 1.2 = 1.92$$

Paso 3: Calcule el pronóstico incluyendo la tendencia (FIT_t):

$$FIT_2 = F_2 + T_2 \\ = 12.8 + 1.92 \\ = 14.72 \text{ unidades}$$

También realizaremos estos cálculos para el tercer mes.

Paso 1: $F_3 = \alpha A_2 + (1 - \alpha)(F_2 + T_2) = (.2)(17) + (1 - .2)(12.8 + 1.92)$
 $= 3.4 + (.8)(14.72) = 3.4 + 11.78 = 15.18$

Paso 2: $T_3 = \beta(F_3 - F_2) + (1 - \beta)T_2 = (.4)(15.18 - 12.8) + (1 - .4)(1.92)$
 $= (.4)(2.38) + (.6)(1.92) = .952 + 1.152 = 2.10$

Paso 3: $FIT_3 = F_3 + T_3$
 $= 15.18 + 2.10 = 17.28.$

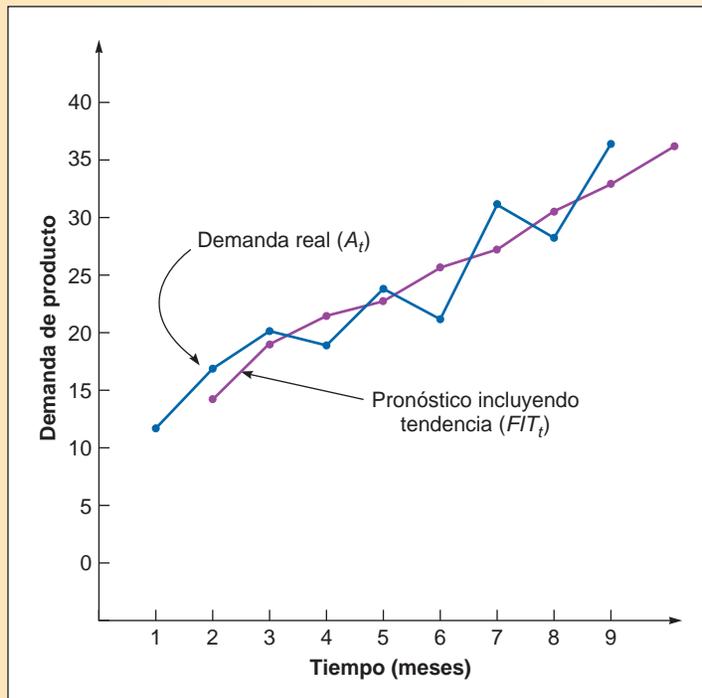
La tabla 5.1 da el pronóstico completo para el periodo de 10 meses. La figura 5.3 compara la demanda real contra el pronóstico incluyendo la tendencia (FIT_t).

TABLA 5.1 ■ Pronóstico con $\alpha = .2$ y $\beta = .4$

| MES | DEMANDA REAL | PRONÓSTICO SUAVIZADO, F_t | TENDENCIA SUAVIZADA, T_t | PRONÓSTICO INCLUYENDO TENDENCIA, FIT_t |
|-----|--------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| 1 | 12 | 11 | 2 | 13.00 |
| 2 | 17 | 12.80 | 1.92 | 14.72 |
| 3 | 20 | 15.18 | 2.10 | 17.28 |
| 4 | 19 | 17.82 | 2.32 | 20.14 |
| 5 | 24 | 19.91 | 2.23 | 22.14 |
| 6 | 21 | 22.51 | 2.38 | 24.89 |
| 7 | 31 | 24.11 | 2.07 | 26.18 |
| 8 | 28 | 27.14 | 2.45 | 29.59 |
| 9 | 36 | 29.28 | 2.32 | 31.60 |
| 10 | — | 32.48 | 2.68 | 35.16 |

FIGURA 5.3 ■

Comparación de los pronósticos con suavizamiento exponencial y ajuste de tendencia con los datos de la demanda real



El valor de la constante de suavizado por tendencia, β , se asemeja a la constante α porque una β alta responde más rápido a los cambios recientes en una tendencia. Una β baja da menos peso a las tendencias más recientes y tiende a suavizar la tendencia actual. Los valores de β pueden encontrarse por prueba y error o utilizando algún software comercial sofisticado para pronósticos, con MAD como medida de comparación.

El suavizamiento exponencial simple a menudo se llama *suavizamiento de primer orden* y al suavizamiento con ajuste de tendencia se le denomina *suavizamiento de segundo orden* o *doble*. Aun cuando también se utilizan otros modelos de suavizamiento exponencial, como el de suavizado ajustado a la estación y el de suavizamiento triple, los cuales quedan fuera de los propósitos de este libro.²

Proyección de tendencias

El último método de pronósticos de series de tiempo que analizaremos es la **proyección de la tendencia**. Esta técnica ajusta una recta de tendencia a una serie de datos puntuales históricos y después proyecta dicha recta al futuro para obtener pronósticos de mediano y largo plazo. Se pueden desarrollar diversas ecuaciones matemáticas (como exponencial y cuadrática), pero en esta sección revisaremos sólo las tendencias *lineales* (en línea recta).

Si decidimos desarrollar una recta de tendencia lineal mediante un método estadístico preciso, podemos aplicar el *método de mínimos cuadrados*. Este enfoque da como resultado una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias verticales o desviaciones de la recta a cada una de las observaciones reales. En la figura 5.4 se ilustra el enfoque de mínimos cuadrados.

Una recta de mínimos cuadrados se describe en términos de su ordenada o intersección con el eje y (la altura en la cual cruza al eje y) y su pendiente (la inclinación de la recta). Si calculamos la pendiente y la ordenada, expresamos la recta con la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = a + bx \quad (5-11)$$

donde \hat{y} (leído “y gorro”) = valor calculado de la variable que debe predecirse (denominada variable dependiente)

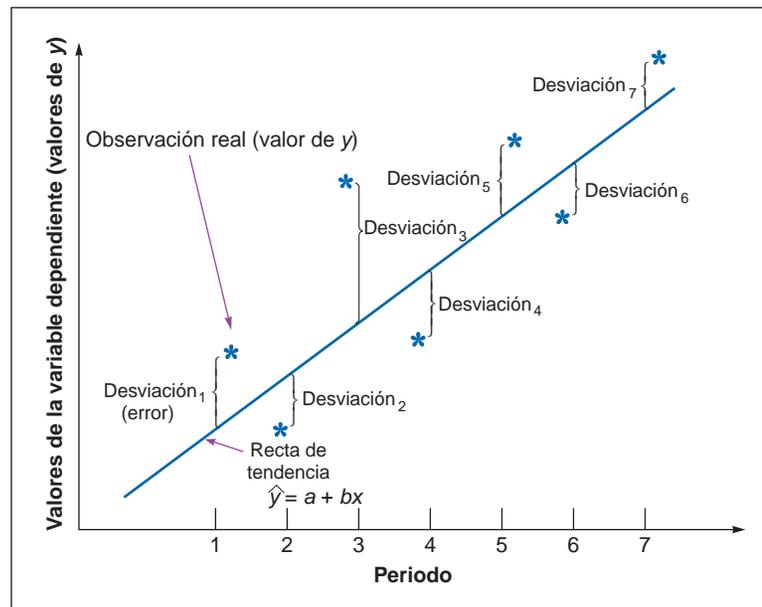
a = ordenada

b = pendiente de la recta de regresión (o la tasa de cambio en y para los cambios dados en x)

x = variable independiente (que en este caso es *tiempo*)

FIGURA 5.4 ■

Método de mínimos cuadrados para encontrar la recta que mejor se ajuste, donde los asteriscos representan las posiciones de las siete observaciones reales o datos puntuales



²Consulte más detalles en D. Groebner, P. Shannon, P. Fry y K. Smith, *Business Statistics*, 5a. ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001).

Los profesionales de estadística han desarrollado ecuaciones que se utilizan para encontrar los valores de a y b para cualquier recta de regresión. La pendiente b se encuentra mediante

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \tag{5-12}$$

- donde b = pendiente de la recta de regresión
- \sum = signo de suma
- x = valores conocidos de la variable independiente
- y = valores conocidos de la variable dependiente
- \bar{x} = promedio del valor de las x
- \bar{y} = promedio del valor de las y
- n = número de datos puntuales u observaciones

Calculamos la ordenada a cómo sigue:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{5-13}$$

En el ejemplo 8 se muestra cómo aplicar estos conceptos.

Ejemplo 8

A continuación se muestra la demanda de energía eléctrica en N.Y. Edison durante el periodo 1997 a 2003, en megawatts. Pronostique la demanda para 2004 ajustando una recta de tendencia a estos datos.

| AÑO | DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA | AÑO | DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA |
|------|------------------------------|------|------------------------------|
| 1997 | 74 | 2001 | 105 |
| 1998 | 79 | 2002 | 142 |
| 1999 | 80 | 2003 | 122 |
| 2000 | 90 | | |

Con una serie de datos en función del tiempo podemos minimizar los cálculos transformando los valores de x (tiempo) en números más sencillos. En este caso podemos designar 1997 como año 1, 1998 como año 2, etcétera.

| AÑO | PERIODO (x) | DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA (y) | x^2 | xy |
|------|-----------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
| 1997 | 1 | 74 | 1 | 74 |
| 1998 | 2 | 79 | 4 | 158 |
| 1999 | 3 | 80 | 9 | 240 |
| 2000 | 4 | 90 | 16 | 360 |
| 2001 | 5 | 105 | 25 | 525 |
| 2002 | 6 | 142 | 36 | 852 |
| 2003 | 7 | 122 | 49 | 854 |
| | $\Sigma x = 28$ | $\Sigma y = 692$ | $\Sigma x^2 = 140$ | $\Sigma xy = 3,063$ |

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{28}{7} = 4 \quad \bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{692}{7} = 98.86$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{3,063 - (7)(4)(98.86)}{140 - (7)(4^2)} = \frac{295}{28} = 10.54$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 98.86 - 10.54(4) = 56.70$$

Así, la ecuación de mínimos cuadrados para la tendencia es $\hat{y} = 56.70 + 10.54x$. Para proyectar la demanda en 2004, primero denotamos el año 2004 en el nuevo sistema de códigos como $x = 8$:

$$\begin{aligned} \text{Demanda en 2004} &= 56.70 + 10.54(8) \\ &= 141.02, \text{ o } 141 \text{ megawatts} \end{aligned}$$

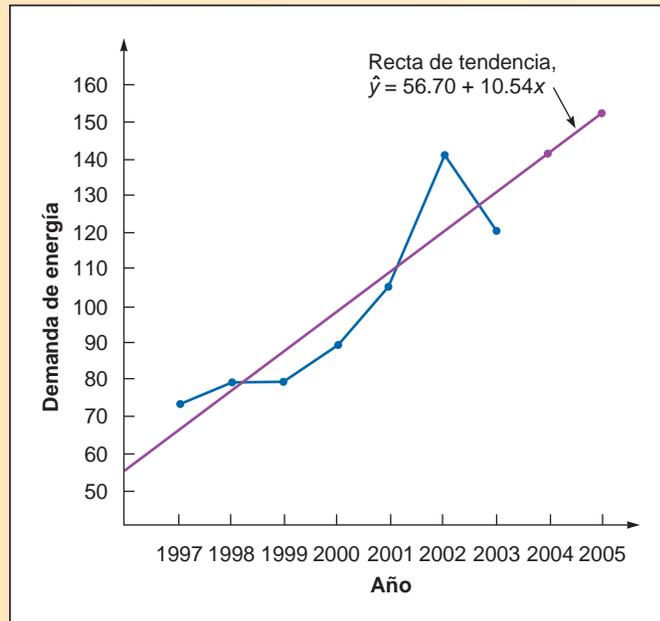
Estimamos la demanda para 2005 insertando $x = 9$ en la misma ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Demanda en 2005} &= 56.70 + 10.54(9) \\ &= 151.56, \text{ o } 152 \text{ megawatts} \end{aligned}$$

Para comprobar la validez del modelo, graficamos la demanda histórica y la recta de tendencia en la figura 5.5. En este caso, debemos tener cuidado y tratar de comprender el cambio en la demanda de 2002 a 2003.

FIGURA 5.5 ■

Energía eléctrica y la recta de tendencia calculada



Notas sobre el uso del método de mínimos cuadrados El empleo del método de mínimos cuadrados implica que se han cumplido tres requisitos:

1. Siempre deben graficarse los datos porque los datos de mínimos cuadrados suponen una relación lineal. Si parece que hay una curva, quizá sea necesario el análisis curvilíneo.
2. No se predicen periodos lejanos a los existentes en la base de datos. Por ejemplo, si tenemos los precios promedio de las existencias de Microsoft durante 20 meses, sólo podemos pronosticar 3 o 4 meses hacia el futuro. Los pronósticos de más tiempo tienen poca validez estadística. Entonces, no puede tomar datos de 5 años de ventas y proyectar 10 años hacia el futuro. El mundo es demasiado incierto.
3. Se supone que las desviaciones en alrededor de la recta de mínimos cuadrados son aleatorias (véase la figura 5.4). Siguen una distribución normal con la mayoría de las observaciones cerca de la recta y sólo unas cuantas más lejos.

Variaciones estacionales en los datos

Variaciones estacionales

Movimientos regulares ascendentes o descendentes en las series de tiempo que se asocian con acontecimientos recurrentes.

Las **variaciones estacionales** en los datos son movimientos regulares ascendentes o descendentes en una serie de tiempo que se relacionan con acontecimientos recurrentes como el clima o las vacaciones. La demanda de carbón o aceite aumenta durante los meses de invierno. La demanda en los clubes de golf o de bronceadores suele ser mayor durante el verano.

La estacionalidad se aplica a patrones recurrentes en horas, días, meses u otros periodos. Los restaurantes de comida rápida registran *diariamente* repuntes al medio día y nuevamente después de las 5 de la tarde. Los cines aumentan su demanda los viernes y sábados por la noche. La oficina de correos, Toys “Я” Us, The Christmas Store y las tiendas de tarjetas Hallmark también registran variaciones estacionales tanto en el tráfico de clientes como en las ventas.

Comprender las variaciones estacionales también es importante para planear la capacidad en las organizaciones que manejan picos en la carga de trabajo. Esto incluye a las compañías de energía eléctrica durante los periodos de frío o calor intensos, los bancos los viernes por la tarde y camiones y metro durante las horas de tráfico matutino o vespertino.

El pronóstico de series de tiempo como en el ejemplo 8 implica la revisión de la tendencia de los datos a lo largo de una serie de tiempo. La presencia de estacionalidad hace necesario ajustar los pronósticos con una recta de tendencia. Las estaciones se expresan en términos de la cantidad en que difieren los valores reales de los valores promedio en la serie de tiempo. Analizar los datos en términos de meses o trimestres suele facilitar la detección de los patrones estacionales. Los índices estacionales se desarrollan usando varios métodos comunes.

En lo que se denomina *modelo estacional multiplicativo*, los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio para producir un pronóstico estacional. La suposición en esta sección es que la tendencia se ha eliminado de los datos. De otra forma, la tendencia distorsionaría la magnitud de los datos estacionales.

Presentamos los pasos que seguirá una compañía que experimenta “estaciones” de un mes:

1. Encontrar la *demanda histórica promedio de cada estación* (o mes en este caso) sumando la demanda en ese mes de cada año y dividiéndola entre el número de años con datos disponibles. Por ejemplo, si en enero hubo ventas de 8, 6 y 10 durante los últimos tres años, la demanda promedio de enero es igual a $(8 + 6 + 10)/3 = 8$ unidades.
2. Calcular la *demanda promedio de todos los meses* dividiendo el promedio total de la demanda anual entre el número de estaciones. Por ejemplo, si el promedio total de la demanda de un año es 120 unidades y hay 12 estaciones (una por mes), la demanda mensual promedio es $120/12 = 10$ unidades.
3. Calcular un *índice estacional* para cada estación dividiendo la demanda histórica real de ese mes (del paso 1) entre la demanda promedio de todos los meses (del paso 2). Por ejemplo, si la demanda promedio histórica en enero durante los últimos 3 años es 8 unidades y la demanda promedio de todos los meses es 10 unidades, el índice estacional para enero es $8/10 = .80$. De igual forma, un índice estacional de 1.20 para febrero significaría que la demanda de febrero es 20% mayor que la demanda promedio de todos los meses.
4. Estimar la demanda total anual para el siguiente año.
5. Dividir la estimación de la demanda total anual entre el número de estaciones, después multiplicarla por el índice estacional para ese mes. Esto proporciona el *pronóstico estacional*.

El ejemplo 9 ilustra este procedimiento al tiempo que calcula los factores estacionales a partir de los datos históricos.

Como John Deere entiende las variaciones estacionales en sus ventas, ha sido capaz de levantar 70% de sus pedidos antes de las temporadas de mayor uso (mediante reducciones en los precios e incentivos como “llévelo sin intereses”) lo cual le permite nivelar su producción.



La demanda de muchos productos es estacional. Kawasaki, el fabricante de estos motosquís y carros para nieve, fabrica más vehículos según la demanda complementaria para satisfacer las fluctuaciones estacionales.

Ejemplo 9

La siguiente tabla muestra la demanda mensual de las computadoras laptop de IBM con el distribuidor de Des Moines del año 2000 al 2002:

| MES | DEMANDA | | | DEMANDA 2000–2002 PROMEDIO | DEMANDA PROMEDIO MENSUAL ^a | ÍNDICE ESTACIONAL ^b |
|-------|---------|------|------|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| | 2000 | 2001 | 2002 | | | |
| Ene. | 80 | 85 | 105 | 90 | 94 | .957 (= 90/94) |
| Feb. | 70 | 85 | 85 | 80 | 94 | .851 (= 80/94) |
| Mar. | 80 | 93 | 82 | 85 | 94 | .904 (= 85/94) |
| Abr. | 90 | 95 | 115 | 100 | 94 | 1.064 (= 100/94) |
| May | 113 | 125 | 131 | 123 | 94 | 1.309 (= 123/94) |
| Jun. | 110 | 115 | 120 | 115 | 94 | 1.223 (= 115/94) |
| Jul. | 100 | 102 | 113 | 105 | 94 | 1.117 (= 105/94) |
| Ago. | 88 | 102 | 110 | 100 | 94 | 1.064 (= 100/94) |
| Sept. | 85 | 90 | 95 | 90 | 94 | .957 (= 90/94) |
| Oct. | 77 | 78 | 85 | 80 | 94 | .851 (= 80/94) |
| Nov. | 75 | 82 | 83 | 80 | 94 | .851 (= 80/94) |
| Dic. | 82 | 78 | 80 | 80 | 94 | .851 (= 80/94) |

Promedio total de demanda anual = 1,128

$$^a\text{Demanda promedio mensual} = \frac{1,128}{12 \text{ meses}} = 94$$

$$^b\text{Índice estacional} = \frac{\text{demanda 2000–2002 promedio mensual}}{\text{demanda promedio mensual}}$$

Si esperamos que la demanda de computadoras para 2003 sea 1,200 unidades, emplearemos estos índices estacionales para pronosticar la demanda mensual como sigue:

| MES | DEMANDA | MES | DEMANDA |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| Ene. | $\frac{1,200}{12} \times .957 = 96$ | Jul. | $\frac{1,200}{12} \times 1.117 = 112$ |
| Feb. | $\frac{1,200}{12} \times .851 = 85$ | Ago. | $\frac{1,200}{12} \times 1.064 = 106$ |
| Mar. | $\frac{1,200}{12} \times .904 = 90$ | Sep. | $\frac{1,200}{12} \times .957 = 96$ |
| Abr. | $\frac{1,200}{12} \times 1.064 = 106$ | Oct. | $\frac{1,200}{12} \times .851 = 85$ |
| May. | $\frac{1,200}{12} \times 1.309 = 131$ | Nov. | $\frac{1,200}{12} \times .851 = 85$ |
| Jun. | $\frac{1,200}{12} \times 1.223 = 122$ | Dic. | $\frac{1,200}{12} \times .851 = 85$ |

Para simplificar, en el ejemplo anterior sólo se emplearon tres periodos para cada índice mensual. En el ejemplo 10 se ilustra la forma en que los índices preparados antes se aplican para ajustar los pronósticos de la recta de tendencia a la estacionalidad.

Ejemplo 10

El hospital de San Diego usó datos de 66 meses de días-paciente adulto interno para llegar a la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = 8,090 + 21.5x$$

donde

$$\hat{y} = \text{días-paciente}$$

$$x = \text{tiempo, en meses}$$

Con base en este modelo, que refleja sólo datos de tendencia, el hospital pronostica que para el siguiente mes (periodo 67) los días-paciente interno serán

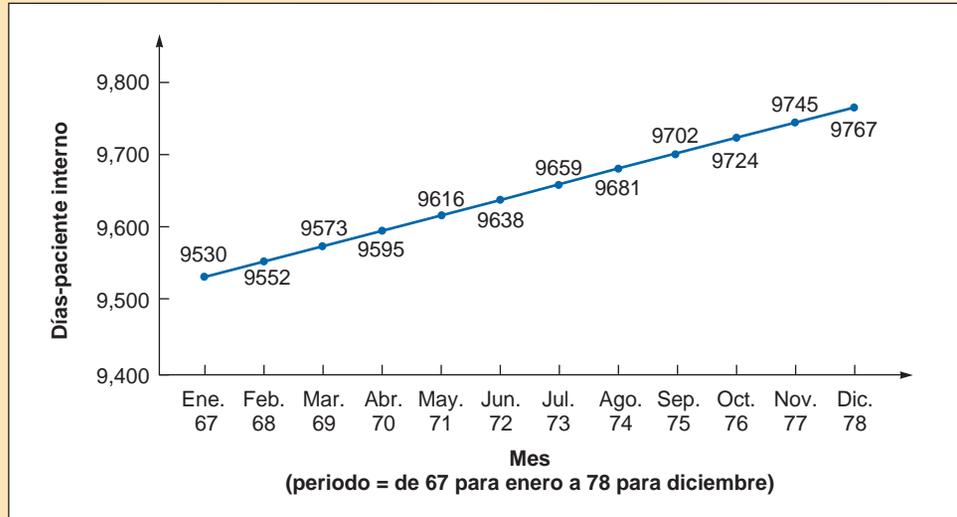
$$\text{Días-paciente} = 8,090 + (21.5)(67) = 9,530 \text{ (sólo tendencia)}$$

Si bien este modelo, de acuerdo con la gráfica de la figura 5.6, reconoce una recta de tendencia ascendente en la demanda de los servicios a pacientes internos, ignora la estacionalidad que la administración sabía que estaba presente.

FIGURA 5.6 ■

Datos de tendencia para el hospital de San Diego

Fuente: "Modern Methods Improve Hospital Forecasting" de W. E. Sterk y E. G. Shryock de *Healthcare Financial Management*, vol. 41, núm. 3, p. 97. Reimpreso con autorización de Healthcare Financial Management Association.



La siguiente tabla proporciona los índices estacionales basados en los mismos 66 meses. A propósito, se encontró que dichos datos estacionales eran típicos en los hospitales de todo el país.

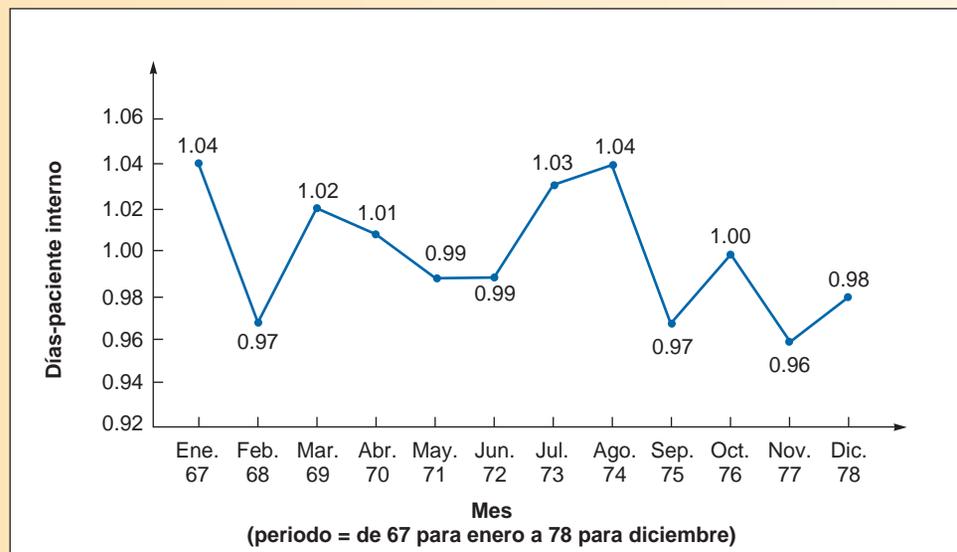
ÍNDICES ESTACIONALES PARA DÍAS-PACIENTE ADULTO INTERNO EN EL HOSPITAL DE SAN DIEGO

| MES | ÍNDICE ESTACIONAL | MES | ÍNDICE ESTACIONAL |
|---------|-------------------|------------|-------------------|
| Enero | 1.04 | Julio | 1.03 |
| Febrero | 0.97 | Agosto | 1.04 |
| Marzo | 1.02 | Septiembre | 0.97 |
| Abril | 1.01 | Octubre | 1.00 |
| Mayo | 0.99 | Noviembre | 0.96 |
| Junio | 0.99 | Diciembre | 0.98 |

Estos índices estacionales se grafican en la figura 5.7. Observe que los meses de enero, marzo, julio y agosto parecen mostrar un promedio significativamente más alto que el promedio de días-paciente interno, mientras que febrero, septiembre, noviembre y diciembre exhiben menos días-paciente interno.

FIGURA 5.7 ■

Índice estacional para el hospital de San Diego



Sin embargo, ni los datos de la tendencia ni los estacionales proporcionan por sí mismos un pronóstico razonable para el hospital. Sólo cuando se multiplicaron los datos ajustados a la tendencia por el índice estacional apropiado, el hospital pudo obtener buenos pronósticos. Por lo tanto, para el periodo 67 (enero):

$$\text{Días-paciente} = (\text{pronóstico con ajuste de tendencia})(\text{índice estacional mensual}) = (9,530)(1.04) = 9,911$$

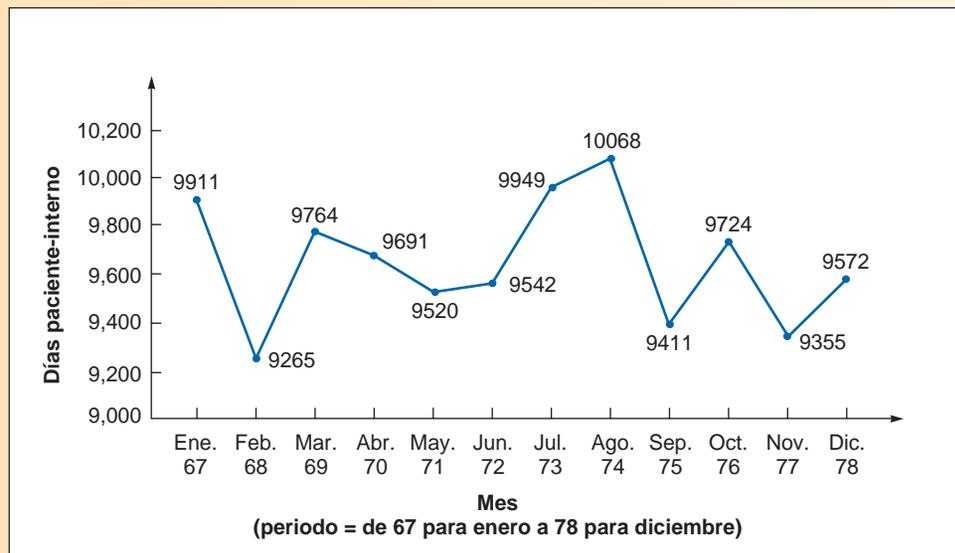
Los días-paciente para cada mes son:

| PERIODO | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| MES | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
| PRONÓSTICO | 9,911 | 9,265 | 9,764 | 9,691 | 9,520 | 9,542 | 9,949 | 10,068 | 9,411 | 9,724 | 9,355 | 9,572 |
| CON TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD | | | | | | | | | | | | |

La gráfica que muestra el pronóstico con tendencia y estacionalidad se presenta en la figura 5.8.

FIGURA 5.8 ■

Pronóstico con tendencia y estacionalidad



Observe que usando sólo la tendencia, el pronóstico para septiembre es 9,702, pero que con el ajuste de tendencia y estacionalidad el pronóstico es 9,411. Al combinar los datos de tendencia y estacionalidad el hospital pudo pronosticar mejor los días-paciente interno, el personal requerido y el presupuesto vital para operar de manera efectiva.

El ejemplo 11 ilustra con detalle la estacionalidad en los datos trimestrales de una tienda departamental.

Ejemplo 11

La administración de Davi's Department Store usó regresión de series de tiempo para pronosticar las ventas al menudeo de los siguientes cuatro trimestres. Las ventas estimadas son 100,000, 120,000, 140,000 y 160,000 dólares para los trimestres respectivos. Han encontrado que los índices estacionales para los cuatro trimestres son 1.30, .90, .70 y 1.15 respectivamente.

Para calcular un pronóstico de ventas con ajuste estacional, sólo multiplicamos cada índice estacional por el pronóstico de tendencia apropiado.

$$\hat{y}_{\text{estacional}} = \text{Índice} \times \hat{y}_{\text{pronóstico de tendencia}}$$

Por lo tanto para

- Trimestre I: $\hat{y}_I = (1.30)(\$100,000) = \$130,000$
- Trimestre II: $\hat{y}_{II} = (.90)(\$120,000) = \$108,000$
- Trimestre III: $\hat{y}_{III} = (.70)(\$140,000) = \$98,000$
- Trimestre IV: $\hat{y}_{IV} = (1.15)(\$160,000) = \$184,000$

Ciclos

Patrones en los datos que ocurren cada varios años.

Variaciones cíclicas en los datos

Los **ciclos** son como las variaciones estacionales de los datos, pero ocurren cada varios *años*, no semanas, meses o trimestres. Resulta difícil pronosticarlos a partir de una serie de tiempo por que es complejo predecir los puntos de cambio que indican que ha comenzado un nuevo ciclo.

La mejor forma de predecir los ciclos de los negocios consiste en encontrar una *variable de dirección* con la cual parezca correlacionarse la serie de datos. Por ejemplo, las tasas de natalidad “guían” o “dirigen” las inscripciones a la universidad casi 18 años después. Cuando el Ohio Board of Regents busca ciclos de largo plazo en cuanto a la asistencia a las 70 universidades públicas en el estado, los cambios en la natalidad 18 años antes, son un buen pronóstico de los cambios en las inscripciones. De manera semejante, los permisos para la construcción de vivienda son una excelente variable de dirección para aspectos relacionados con las ventas de refrigeradores, servicios hipotecarios o inscripciones en las escuelas.

El desarrollo de técnicas causales o asociativas para variables que tienen impacto entre sí es nuestro siguiente tema.

MÉTODOS ASOCIATIVOS DE PRONÓSTICO: ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

A diferencia del pronóstico de series de tiempo, los modelos de *pronóstico asociativo* casi siempre consideran *varias* variables que están relacionadas con la cifra por predecir. Una vez que se encuentran estas variables relacionadas, se construye un modelo estadístico que se usa para pronosticar el elemento de interés. Este enfoque es más poderoso que los métodos de series de tiempo que incluyen sólo variables históricas para la variable que se pronostica.

El análisis asociativo puede considerar muchos factores. Por ejemplo, las ventas de computadoras personales IBM se relacionan con el presupuesto para publicidad de IBM, los precios de la compañía, los precios de la competencia, estrategias promocionales e incluso con la economía nacional y los índices de desempleo. En este caso las ventas de computadoras se denominan la *variable dependiente* y las otras variables se llaman *variables independientes*. El trabajo del administrador es desarrollar *la mejor relación estadística entre las ventas de PC y las variables independientes*. El modelo de pronósticos asociativo cuantitativo más común es el **análisis de regresión lineal**.

Análisis de regresión lineal

Modelo matemático de línea recta para describir las relaciones funcionales entre las variables dependiente e independiente.

Uso del análisis de regresión para pronosticar

Podemos emplear el mismo modelo matemático que usamos con el método de mínimos cuadrados para la proyección de tendencias, con el fin de realizar un análisis de regresión lineal. Las variables dependientes que deseamos pronosticar se simbolizan con \hat{y} . Pero la variable independiente, x , ya no necesita ser el tiempo. Usamos la ecuación

$$\hat{y} = a + bx$$

donde \hat{y} = valor de la variable dependiente (en nuestro ejemplo, ventas)

a = intersección con el eje y (ordenada)

b = pendiente de la recta de regresión

x = variable independiente

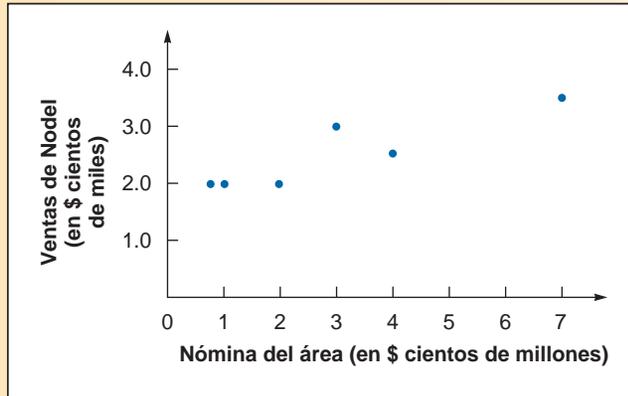
En el ejemplo 12 se muestra cómo usar la regresión lineal.

Ejemplo 12

Nodel Construction Company remodela casas viejas en West Bloomfield, Michigan. Con el tiempo la compañía se ha percatado de que su volumen de dólares por trabajos de renovación depende de la nómina del área de West Bloomfield. En la siguiente tabla se numeran los ingresos de Nodel y el monto de dinero percibido por los trabajadores en West Bloomfield durante los últimos seis años.

| VENTAS DE NODEL (\$000,000), y | NÓMINA LOCAL (\$000,000,000), x | VENTAS DE NODEL (\$000,000), y | NÓMINA LOCAL (\$000,000,000), x |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 2.0 | 1 | 2.0 | 2 |
| 3.0 | 3 | 2.0 | 1 |
| 2.5 | 4 | 3.5 | 7 |

La administración de Nodel desea establecer una relación matemática que le ayude a predecir las ventas. Primero, necesita determinar si existe una relación en línea recta (lineal) entre la nómina del área y sus ventas, de manera que grafica los datos conocidos en un diagrama de dispersión.



A partir de los seis datos, parece haber una ligera relación positiva entre la variable independiente (nómina) y la variable dependiente (ventas): en la medida que se incrementa la nómina, las ventas de Nodel tienden a subir. Podemos encontrar una ecuación matemática si usamos el enfoque de regresión de mínimos cuadrados.

| VENTAS, y | NÓMINA, x | x ² | xy |
|------------|-----------|----------------------|-------------|
| 2.0 | 1 | 1 | 2.0 |
| 3.0 | 3 | 9 | 9.0 |
| 2.5 | 4 | 16 | 10.0 |
| 2.0 | 2 | 4 | 4.0 |
| 2.0 | 1 | 1 | 2.0 |
| <u>3.5</u> | <u>7</u> | <u>49</u> | <u>24.5</u> |
| Σy = 15.0 | Σx = 18 | Σx ² = 80 | Σxy = 51.5 |

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{6} = \frac{18}{6} = 3$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{6} = \frac{15}{6} = 2.5$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{51.5 - (6)(3)(2.5)}{80 - (6)(3^2)} = .25$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2.5 - (.25)(3) = 1.75$$

La ecuación de regresión estimada es, por lo tanto,

$$\hat{y} = 1.75 + .25x$$

o

$$\text{Ventas} = 1.75 + .25 (\text{nómina})$$

Si la cámara de comercio local predice que la nómina para el área de West Bloomfield será de 600 millones de dólares el próximo año, estimamos las ventas de Nodel con una ecuación de regresión:

$$\begin{aligned} \text{Ventas (en cientos de miles)} &= 1.75 + .25(6) \\ &= 1.75 + 1.50 = 3.25 \end{aligned}$$

o

$$\text{Ventas} = \$325,000$$

La última parte del ejemplo 12 muestra una debilidad inherente a los métodos de pronóstico asociativo como el de regresión. Aun cuando calculamos una ecuación de regresión, debemos dar un pronóstico para la variable independiente *x* —en este caso, la nómina— antes de estimar la variable dependiente *y*

para el siguiente periodo. Aunque éste no es un problema en todos los pronósticos, es posible imaginar la dificultad que implica la determinación de los valores futuros de *algunas* variables independientes comunes (como los índices de desempleo, producto nacional bruto, índices de precios, y otros).

Error estándar de la estimación

El pronóstico de ventas para Nodel de 325,000 dólares en el ejemplo 12, se conoce como *estimación puntual* de y . La estimación puntual es en realidad la *media*, o *valor esperado*, de una distribución de valores posibles de ventas. En la figura 5.9 se explica el concepto.

Con el propósito de medir la precisión de las estimaciones de regresión, debemos calcular el **error estándar de la estimación**, $S_{y,x}$. Este cálculo se llama *desviación estándar de la regresión* y mide el error desde la variable dependiente, y , hasta la recta de regresión, en lugar de hasta la media. La ecuación (5-14) es una expresión similar a la encontrada en la mayoría de los libros de estadística para calcular la desviación estándar de una media aritmética:

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum(y - y_c)^2}{n - 2}} \quad (5-14)$$

donde y = valor de y de cada dato puntual
 y_c = valor calculado de la variable dependiente, a partir de la ecuación de regresión
 n = número de datos puntuales

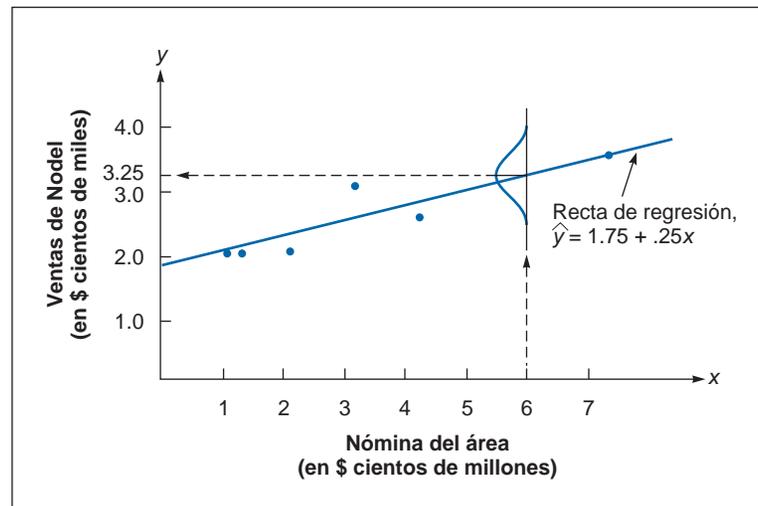
La ecuación (5-15) quizá parezca más complicada, pero de hecho es una versión de la ecuación (4-14), más fácil de usar. Ambas fórmulas ofrecen la misma respuesta y son útiles para establecer intervalos de predicción alrededor de la estimación del puntual.³

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{n - 2}} \quad (5-15)$$

En el ejemplo 13 se muestra cómo podría calcularse el error estándar de la estimación del ejemplo 12.

FIGURA 5.9 ■

Distribución alrededor de la estimación puntual de la nómina de 600 millones de dólares



³Cuando el tamaño de la muestra es grande ($n > 30$), el intervalo de predicción del valor de y se calcula usando las tablas de la distribución normal. Cuando el número de observaciones es pequeño, la distribución- t es apropiada. Véase D. Groebner *et al.*, *Business Statistics*, 5a. ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001).

Las líneas de ensamble de Glidden Paints llenan miles de latas cada hora. Para predecir la demanda, la empresa emplea métodos asociativos de pronóstico, como regresión lineal, con variables independientes como el ingreso del personal y el PNB. Aun cuando la construcción de vivienda sería una variable natural, Glidden encontró que había poca correlación con las ventas pasadas. Esto se debe a que gran parte de las pinturas Glidden se vende al menudeo a clientes que ya poseen casas o negocios.



Ejemplo 13

Para calcular el error estándar de la estimación para los datos de Nodel en el ejemplo 12, la única cifra que necesitamos que no es posible despejar para calcular $S_{y,x}$ es Σy^2 . Algunas sumas rápidas revelan que $\Sigma y^2 = 39.5$. Por tanto:

$$\begin{aligned} S_{y,x} &= \sqrt{\frac{\Sigma y^2 - a \Sigma y - b \Sigma xy}{n - 2}} \\ &= \sqrt{\frac{39.5 - 1.75(15.0) - .25(51.5)}{6 - 2}} \\ &= \sqrt{.09375} = .306 \text{(en \$ cientos de miles)} \end{aligned}$$

El error estándar de la estimación es entonces 30,600 dólares en ventas.

Coefficientes de correlación para rectas de regresión

La ecuación de regresión es una forma de expresar la naturaleza de la relación entre dos variables. Las rectas de regresión no son relaciones de “causa y efecto”, simplemente describen las relaciones entre variables. La ecuación de regresión muestra la forma en que una variable se relaciona con el valor y los cambios en otra variable.

Coefficiente de correlación

Medida de la fuerza de la relación entre dos variables.

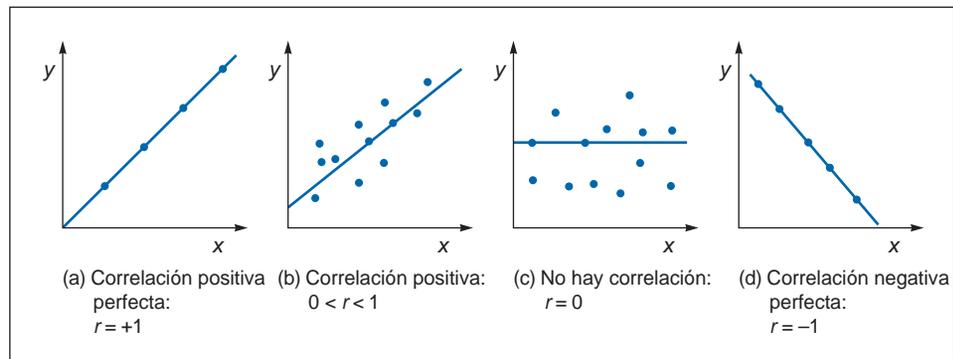
Otra forma de evaluar la relación entre dos variables consiste en calcular el **coeficiente de correlación**. Esta medida expresa el grado o fuerza de la relación lineal. Casi siempre identificado como r , el coeficiente de correlación puede ser cualquier número entre +1 y -1. En la figura 5.10 se ilustra cómo se observan los distintos valores de r .

Para calcular r , empleamos casi los mismos datos empleados para calcular a y b para la recta de regresión. La ecuación para r es

$$r = \frac{n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{\sqrt{[n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2][n \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2]}} \tag{5-16}$$

FIGURA 5.10 ■

Cuatro valores del coeficiente de correlación



El ejemplo 14 muestra cómo calcular el coeficiente de correlación para los datos dados en los ejemplos 12 y 13.

Ejemplo 14

En el ejemplo 12 observamos la relación entre las ventas de renovación de casas de Nodel Construction Company y la nómina en el área de West Bloomfield. Para calcular el coeficiente de correlación para los datos correspondientes, sólo necesitamos agregar una columna más de cálculos (para y^2) y después aplicar la ecuación de r .

| y | x | x^2 | xy | y^2 |
|-------------------|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| 2.0 | 1 | 1 | 2.0 | 4.0 |
| 3.0 | 3 | 9 | 9.0 | 9.0 |
| 2.5 | 4 | 16 | 10.0 | 6.25 |
| 2.0 | 2 | 4 | 4.0 | 4.0 |
| 2.0 | 1 | 1 | 2.0 | 4.0 |
| 3.5 | 7 | 49 | 24.5 | 12.25 |
| $\Sigma y = 15.0$ | $\Sigma x = 18$ | $\Sigma x^2 = 80$ | $\Sigma xy = 51.5$ | $\Sigma y^2 = 39.5$ |

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{(6)(51.5) - (18)(15.0)}{\sqrt{[(6)(80) - (18)^2][(6)(39.5) - (15.0)^2]}} \\
 &= \frac{309 - 270}{\sqrt{(156)(12)}} = \frac{39}{\sqrt{1,872}} \\
 &= \frac{39}{43.3} = .901
 \end{aligned}$$

Esta r de .901 parece ser una correlación significativa y ayuda a confirmar que hay una relación estrecha entre las dos variables.

Una r alta no siempre significa que una variable será un buen predictor de la otra. La altura de las faldas y los precios del mercado de valores quizás estén correlacionados, pero el que uno suba no significa necesariamente que el otro también subirá.

Coeficiente de determinación

Medida de la cantidad de variación en la variable dependiente respecto de su media que explica la ecuación de regresión.

Si bien el coeficiente de correlación es la medida más común para describir las relaciones entre dos variables, existe otra medida. Se llama **coeficiente de determinación** y es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación, a saber, r^2 . El valor de r^2 siempre será un número positivo en el intervalo de $0 \leq r^2 \leq 1$. El coeficiente de determinación es el porcentaje de variación en la variable dependiente (y) que explica la ecuación de regresión. En el caso de Nodel, el valor de r^2 es .81, lo cual significa que 81% de la variación total se explica mediante la ecuación de regresión.

Análisis de regresión múltiple

Regresión múltiple

Método de pronóstico causal con más de una variable independiente.

La **regresión múltiple** es una extensión práctica del modelo simple de regresión que acabamos de ver. Nos permite construir un modelo con varias variables independientes en lugar de sólo una variable. Por ejemplo, si Nodel Construction desea incluir el promedio de las tasas de interés anual en su modelo para el pronóstico de ventas de remodelación, la ecuación apropiada sería

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (5-17)$$

donde \hat{y} = variable dependiente, ventas
 a = una constante
 x_1 y x_2 = valores de las dos variables independientes, nómina del área y tasas de interés, respectivamente
 b_1 y b_2 = coeficientes de las dos variables independientes

Las matemáticas de la regresión múltiple son bastante complejas (y lo usual es que los cálculos se realicen en computadora), por lo cual dejamos las fórmulas para a , b_1 y b_2 a los libros de estadística. No obstante, el ejemplo 15 muestra cómo interpretar la ecuación (5-17) para el pronóstico de las ventas de Nodel.

AO EN ACCIÓN

Pronóstico de la fuerza de trabajo con regresión múltiple en TransAlta Utilities

TransAlta Utilities (TAU) es una compañía de energía eléctrica, con valor de 1,600 millones de dólares, que opera en Canadá, Nueva Zelanda, Australia, Argentina y Estados Unidos. Con oficinas centrales en Alberta, Canadá, TAU es la compañía de servicios públicos más grande de Canadá. Atiende a 340,000 clientes en Alberta a través de 57 oficinas de servicio al cliente, cada una de las cuales tiene de 5 a 20 encargados del mantenimiento de las líneas. Los 270 empleos de mantenimiento de líneas implican el manejo de nuevas conexiones, reparaciones, patrullaje de líneas de energía y supervisión de subestaciones. Sin embargo, este sistema no fue resultado de una óptima planeación central, sino del progreso paulatino simultáneo al crecimiento de la compañía.

Con ayuda de la Universidad de Alberta, TAU desarrolló un modelo causal para decidir cuántos encargados de mantenimiento de las líneas debían asignarse a cada cen-

tral. El equipo de investigación decidió construir un modelo de regresión múltiple con tres variables independientes. La parte más difícil fue seleccionar variables fáciles de cuantificar con los datos disponibles. Al final las variables explicativas fueron el número de clientes urbanos, el número de clientes rurales y el tamaño geográfico de un área de servicio. El modelo supone que el tiempo invertido en los clientes es proporcional al número de clientes y al tiempo invertido en las instalaciones (patrullaje de líneas y supervisión de subestaciones) y que los recorridos son proporcionales al tamaño de la región de servicio. Por definición, el tiempo no explicado es el tiempo que no explican las tres variables (por ejemplo, reuniones, descansos, tiempo improductivo).

Los resultados del modelo no sólo satisficieron a los administradores de TAU, el proyecto también generó un ahorro de 4 millones de dólares cada año (que incluye la optimización del número de instalaciones y sus ubicaciones).

Fuente: E. Erkut, T. Myroon y K. Strangway. "TransAlta Redesigns its Service-Delivery Network", *Interfaces* (marzo-abril de 2000): 54-69.

Ejemplo 15

La nueva recta de regresión múltiple para Nodel Construction, calculada con un software de computadora, es

$$\hat{y} = 1.80 + .30x_1 - 5.0x_2$$

También encontramos que el nuevo coeficiente de correlación es .96; lo que implica la inclusión de la variable x_2 , tasas de interés, agrega aún más fuerza a la relación lineal.

Ahora podemos estimar las ventas de Nodel si sustituimos los valores de la nómina y de la tasa de interés para el próximo año. Si la nómina de West Bloomfield va a ser 600 millones de dólares y la tasa de interés .12 (12%), entonces las ventas se pronostican como

$$\begin{aligned} \text{Ventas (\$ cientos de miles)} &= 1.80 + .30(6) - 5.0(.12) \\ &= 1.8 + 1.8 - .6 \\ &= 3.00 \end{aligned}$$

o

$$\text{Ventas} = \$300,000$$

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PRONÓSTICOS

Una vez que se obtiene un pronóstico, no debe olvidarse. Ningún administrador desea que le recuerden que su pronóstico fue terriblemente impreciso, pero la empresa necesita saber por qué la demanda real (o cualquiera que sea la variable que se examina) difiere de manera significativa de lo proyectado. Si quien pronostica suele ser acertado, esa persona casi siempre se asegura de que todos conozcan sus habilidades. Pocas veces se leen artículos en *Fortune*, *Forbes* o el *Wall Street Journal*, acerca de gerentes de finanzas que constantemente se alejan 25% en sus pronósticos del mercado de valores.

Una manera de monitorear los pronósticos para asegurar que sean buenos es emplear una señal de control. Una **señal de control** es una medida de qué tan bien los pronósticos predicen los valores reales. Conforme se actualizan los pronósticos semanal, mensual o trimestralmente, los nuevos datos disponibles de la demanda se comparan con los valores pronosticados.

Señal de control

Medida de qué tan bien el pronóstico predice los valores reales.

Algunos pronósticos famosos a los que sin duda les faltó precisión:

“Pienso que existe un mercado mundial para quizá cinco computadoras”.

Thomas Watson, presidente de IBM, 1943

“640 mil bytes de memoria deben ser suficientes para cualquiera”.

Bill Gates, 1981

“Internet se colapsará de manera inevitable en 1996”.

Robert Metcalfe, inventor de Internet

La señal de control se calcula como la *suma continua de errores del pronóstico (SCEP)* dividida entre la *desviación absoluta media (MAD)*:

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{l} \text{Señal de} \\ \text{control} \end{array} \right) &= \frac{\text{SCEP}}{\text{MAD}} \\ &= \frac{\sum(\text{demanda real del periodo } i - \text{demanda pronosticada del periodo } i)}{\text{MAD}} \end{aligned} \tag{5-18}$$

donde

$$\text{MAD} = \frac{\sum|\text{real} - \text{pronóstico}|}{n}$$

como se vio en la ecuación (5-5).

Las señales de control *positivas* indican que la demanda es *mayor* que el pronóstico. Las señales de control *negativas* indican que la demanda es *menor* que el pronóstico. Una buena señal de control —es decir, una con SCEP baja— tiene casi tanto error positivo como error negativo. En otras palabras, una pequeña desviación está bien, pero los errores negativos y positivos deben equilibrarse entre sí para que la señal de control se centre muy cerca de cero. La tendencia consistente de los pronósticos a ser mayores o menores que los valores reales (es decir, con SCEP baja) se llama error de **sesgo**. El sesgo ocurre cuando, por ejemplo, se usan las variables o la recta de tendencia incorrectas, o si se aplica de manera incorrecta un índice estacional.

Una vez que se calculan las señales de control, se comparan para determinar los límites de control. Cuando una señal de control excede el límite inferior o superior, existe un problema con el método de pronósticos y la administración querrá reevaluar la forma en que pronostica la demanda. La figura 5.11 muestra la gráfica de una señal de control que excede el intervalo de variación aceptable. Si se está usando el modelo de suavizamiento exponencial, quizá la constante de suavizado necesite reajustarse.

¿Cómo deciden las empresas cuáles deben ser los límites de control superior e inferior? No existe una respuesta única, pero intentan encontrar valores razonables; es decir, límites que no sean tan bajos para que envíen la señal con el mínimo error de pronóstico, ni tan altos que dejen pasar pronósticos malos de manera regular. George Plossl y Oliver Wight, dos expertos en control de inventarios, han sugerido emplear un máximo de ± 4 MAD para los artículos de gran volumen y de ± 8 MAD para los artículos de poco volumen.⁴ Otros expertos en pronósticos sugieren intervalos un poco menores. Puesto que una MAD equivale aproximadamente a .8 desviaciones estándar, ± 2 MAD = ± 1.6 desviaciones estándar, ± 3 MAD = ± 2.4 desviaciones estándar y ± 4 MAD = ± 3.2 desviaciones estándar, lo cual sugiere que para que un pronóstico esté “bajo control”, se espera que 89% de los errores caigan dentro de ± 2 MAD o 99% dentro de ± 3 MAD, 98% dentro de ± 4 MAD.⁵

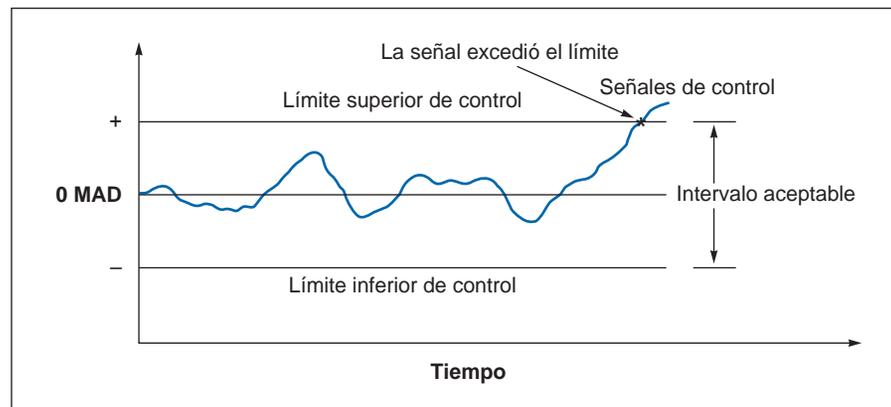
El ejemplo 16 muestra la forma de calcular la señal de control y la SCEP.

Sesgo

Pronóstico que está casi siempre arriba o casi siempre abajo de los valores reales de una serie de tiempo.

FIGURA 5.11 ■

Gráfica de señales de control



⁴Véase G. W. Plossl y O. W. Wight, *Production and Inventory Control* (Upper Saddle River, NJ; Prentice Hall, 1967).

⁵Para que usted mismo compruebe estos porcentajes, sólo establezca una curva normal para ± 1.6 desviaciones estándar (valores z). Use la tabla de distribución normal del apéndice I para ver que el área bajo la curva es .89. Esto representa ± 2 MAD. De igual forma, ± 3 MAD = ± 2.4 desviaciones comprenden 98% del área, y así sigue para ± 4 MAD.

Ejemplo 16

En la tabla se muestran las ventas trimestrales de cuernitos (en millares), así como la demanda pronosticada y el cálculo del error para Rick Carlson Bakery. El objetivo es calcular la señal de control y determinar si los pronósticos se consideran adecuados.

| TRIMESTRE | DEMANDA REAL | DEMANDA PRONOSTICADA | ERROR | SCEP | ERROR AB- | | MAD ACUMULADO | SEÑAL DE CONTROL (SCEP/MAD) |
|-----------|--------------|----------------------|-------|------|-----------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | | | | | SOLUTO DEL PRONÓSTICO | SOLUTO ACUMULADO DEL PRONÓSTICO | | |
| 1 | 90 | 100 | -10 | -10 | 10 | 10 | 10.0 | -10/10 = -1 |
| 2 | 95 | 100 | -5 | -15 | 5 | 15 | 7.5 | -15/7.5 = -2 |
| 3 | 115 | 100 | +15 | 0 | 15 | 30 | 10.0 | 0/10 = 0 |
| 4 | 100 | 110 | -10 | -10 | 10 | 40 | 10.0 | -10/10 = -1 |
| 5 | 125 | 110 | +15 | +5 | 15 | 55 | 11.0 | +5/11 = +0.5 |
| 6 | 140 | 110 | +30 | +35 | 30 | 85 | 14.2 | +35/14.2 = +2.5 |

$$\text{Al final del trimestre 6, MAD} = \frac{\sum |\text{errores de pronóstico}|}{n} = \frac{85}{6} = 14.2$$

$$\text{y señal de control} = \frac{\text{SCEP}}{\text{MAD}} = \frac{35}{14.2} = 2.5 \text{ MAD}$$

Esta señal de control está dentro de los límites aceptables. Observamos que de -2.0 MAD se inclina a +2.5 MAD.

Suavizamiento adaptable

Enfoque del pronóstico de suavizamiento exponencial en el cual la constante de suavizado se modifica automáticamente para mantener los errores en un mínimo.

Pronóstico enfocado

Pronóstico que prueba una variedad de modelos computarizados y selecciona el mejor para una aplicación particular.

Suavizamiento adaptable

El *pronóstico adaptable* se refiere al monitoreo por computadora de las señales de control y al ajuste automático cuando una señal rebasa el límite preestablecido. Por ejemplo, cuando se aplica al suavizamiento exponencial, primero se seleccionan los coeficientes α y β con base en valores que minimizan el error de pronóstico y después se ajustan de acuerdo con ellos, cuando la computadora capta una señal de control equivocada. Este proceso se llama **suavizamiento adaptable**.

Pronóstico enfocado

En lugar de adaptar eligiendo una constante de suavizado, las computadoras nos permiten probar varios modelos de pronóstico. Este enfoque se denomina pronóstico enfocado. El **pronóstico enfocado** se basa en dos principios:

1. Los modelos sofisticados de pronóstico no siempre son mejores que los sencillos.
2. No existe una técnica única que deba emplearse para todos los productos o servicios.

Bernard Smith, gerente de inventario de American Hardware Supply, acuñó el término *pronóstico enfocado*. El trabajo de Smith era pronosticar las cantidades para 100,000 productos de ferretería que adquirirían los 21 compradores de American.⁶ Smith se percató de que los compradores no confiaban ni entendían el modelo de suavizamiento exponencial que él empleaba. En su lugar, usaban enfoques muy sencillos que ellos mismos habían creado. Así, Smith desarrolló su nuevo sistema computarizado para seleccionar los métodos de pronóstico.

Eligió siete métodos de pronóstico para probarlo. Incluyó desde los muy sencillos usados por los compradores (como el enfoque intuitivo) hasta modelos estadísticos. Cada mes, aplicó los siete modelos de pronóstico a cada artículo de su inventario. En estas pruebas simuladas los valores pronosticados se restaron de las demandas reales más recientes, para obtener el error de pronóstico simulado. La computadora elige el método de pronóstico que produce el menor error y lo aplica al pronóstico del siguiente mes. Aun cuando los compradores todavía tienen la capacidad de rechazar el pronóstico, American Hardware considera que los resultados del pronóstico enfocado son excelentes.

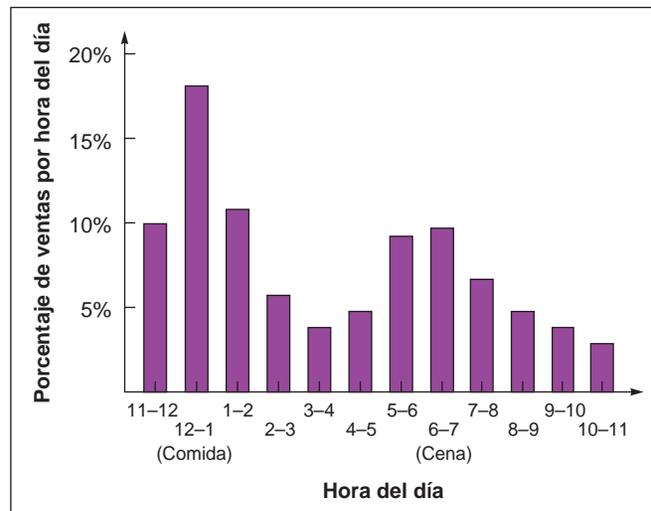
PRONÓSTICOS EN EL SECTOR SERVICIOS

Los pronósticos en el sector servicios presentan desafíos inusuales. Una técnica importante en el sector comercial es el seguimiento de la demanda manteniendo registros adecuados de corto plazo. Por ejemplo, una peluquería para hombres espera picos en el flujo de trabajo los viernes y sábados. Sin duda, la mayor

⁶Bernard T. Smith, *Focus Forecasting: Computer Techniques for Inventory Control*, (Boston, CBI Publishing, 1978).

FIGURA 5.12 ■

Pronóstico de ventas por hora para un restaurante de comida rápida



parte de las peluquerías cierran domingo y lunes y muchas requieren personal de apoyo viernes y sábados. Por su parte, un restaurante en el centro de la ciudad quizá necesite dar seguimiento a convenciones y días festivos, para que sus pronósticos a corto plazo resulten efectivos.

Tiendas de especialidad Las tiendas de especialidad, como las florerías, llegan a tener patrones de demanda poco comunes y esos patrones variarán de acuerdo con los días festivos. Cuando el Día de la Amistad cae en fin de semana, por ejemplo, no se envían flores a las oficinas, y quienes se inclinan por el romanticismo salen a celebrar en lugar de enviar flores. Si un día festivo cae en lunes, parte de la celebración también se extendería al fin de semana, disminuyendo la venta de flores. Sin embargo, cuando el Día de la Amistad cae entre semana, los saturados horarios de los días hábiles suelen hacer de las flores la manera idónea de festejar. Como los envíos de flores por el Día de las Madres ocurren los sábados o domingos, el pronóstico para este día festivo varía menos. Considerando los patrones especiales de demanda, muchas empresas de servicios mantienen registros de sus ventas, con notas que refieren no sólo el día de la semana, sino también acontecimientos inesperados como el clima, con el objetivo de identificar los patrones y correlaciones que influyen en la demanda.

Restaurantes de comida rápida Los restaurantes de comida rápida están conscientes no sólo de las variaciones en la demanda por semana, día y hora sino, incluso, de las variaciones cada 15 minutos que influyen en las ventas. En consecuencia, necesitan pronósticos detallados de la demanda. En la figura 5.12 se muestra el pronóstico por hora para un restaurante típico de comida rápida. Observe los picos en las horas de la comida y la cena.

En la actualidad, empresas como Taco Bell usan computadoras en los puntos de venta que dan seguimiento a las ventas cada 15 minutos. Taco Bell descubrió que un promedio móvil de 6 semanas era la técnica de pronóstico que minimizaba el error cuadrático medio (MSE) en sus pronósticos de 15 minutos. El desarrollo de esta metodología de pronóstico en las computadoras de cada uno de los 6,500 establecimientos de Taco Bell permite que el modelo realice proyecciones semanales de las transacciones de los clientes. Por su parte, los administradores de los establecimientos usan este sistema para programar al personal, con incrementos cada 15 minutos y no por bloques de una hora como en otras industrias. El modelo de pronóstico de Taco Bell ha tenido tanto éxito que además de ayudarle a mejorar su servicio al cliente, también le ha reportado ahorros en el costo de mano de obra que suman más de 50 millones de dólares en los 4 años de uso.⁷

RESUMEN

Los pronósticos son una parte crucial de la función del administrador de operaciones. Los pronósticos de la demanda dirigen los sistemas de producción, capacidad y programación de la empresa y afectan las funciones de planeación financiera, marketing y personal.

Existen diversas técnicas de pronósticos cualitativos y cuantitativos. Los enfoques cualitativos se valen del juicio, la experiencia, la intuición y otros factores intangibles difíciles de cuantificar. El pronóstico cuantitativo emplea datos históricos y relaciones causales o asociativas para proyectar las demandas futuras. La tabla 5.2 resume las fórmulas introducidas en los pronósticos cuantitativos. Son pocos los que realizan a mano los cálculos del pronóstico. Muchos administradores de operaciones aprovechan los paquetes de software como Forecast PRO, SAP, tsMetrix, APS, SAS, SPSS o Excel.

⁷J. Hueter y W. Swart. "An Integrated Labor Management System for Taco Bell". *Interfaces* 28, núm. 1 (enero-febrero de 1998): 75-91.

TABLA 5.2

Resumen de fórmulas para pronósticos

Promedios móviles: pronóstico basado en un promedio de valores recientes

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\sum \text{demanda en los } n \text{ periodos anteriores}}{n} \quad (5-1)$$

Promedios móviles ponderados: un promedio móvil con ponderaciones que varían

$$\text{Promedio móvil ponderado} = \frac{\sum (\text{ponderación para periodo } n)(\text{demanda en periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}} \quad (5-2)$$

Suavizamiento exponencial: promedio móvil con ponderaciones que siguen una distribución exponencial

$$\text{Nuevo pronóstico} = \text{pronóstico de último periodo} + \alpha (\text{demanda real en el último periodo} - \text{pronóstico del último periodo}) \quad (5-3)$$

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (5-4)$$

Desviación absoluta media: medición del error global del pronóstico

$$\text{MAD} = \frac{\sum |\text{errores de pronóstico}|}{n} \quad (5-5)$$

Error cuadrático medio: una segunda medición del error de pronóstico

$$\text{MSE} = \frac{\sum (\text{errores de pronóstico})^2}{n} \quad (5-6)$$

Error porcentual absoluto medio: tercera medición del error de pronóstico

$$\text{MAPE} = \frac{100 \sum_{i=1}^n |\text{real}_i - \text{pronóstico}_i| / \text{real}_i}{n} \quad (5-7)$$

Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia: modelo de suavizamiento exponencial que puede tomar en cuenta la tendencia

$$\text{Pronóstico incluyendo tendencia } (FIT_t) = \text{pronóstico exponencialmente suavizado } (F_t) + \text{tendencia exponencialmente suavizada } (T_t) \quad (5-8)$$

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5-9)$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5-10)$$

Proyección de tendencia y análisis de regresión: ajuste de una recta de tendencia a los datos históricos o de una recta de regresión a una variable independiente

$$\hat{y} = a + bx \quad (5-11)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (5-12)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (5-13)$$

Análisis de regresión múltiple: modelo de regresión con más de una variable independiente (de predicción)

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (5-17)$$

Señal de control: una medida de qué tan bien el pronóstico predice los valores reales

$$\text{Señal de control} = \frac{\text{SCEP}}{\text{MAD}} = \frac{\sum (\text{demanda real en periodo } i - \text{demanda pronosticada en periodo } i)}{\text{MAD}} \quad (5-18)$$

Ningún método de pronósticos es perfecto para todas las condiciones. A pesar de que la administración haya encontrado un enfoque satisfactorio, la supervisión y control de los pronósticos debe continuar para asegurar que los errores no sean demasiado grandes. El pronóstico suele ser un desafío gratificante para la administración.

TÉRMINOS CLAVE

- Pronosticar
- Pronósticos económicos
- Pronósticos tecnológicos
- Pronósticos de la demanda
- Pronósticos cuantitativos
- Pronósticos cualitativos
- Jurado de opinión de ejecutivos
- Método Delphi
- Composición de la fuerza de ventas
- Encuesta en el mercado de consumo
- Series de tiempo
- Enfoque intuitivo
- Promedios móviles
- Suavizamiento exponencial
- Constante de suavizado
- Desviación absoluta media (MAD)
- Error cuadrático medio (MSE)
- Error porcentual absoluto medio (MAPE))
- Proyección de la tendencia
- Variaciones estacionales
- Ciclos
- Análisis de regresión lineal
- Error estándar de la estimación
- Coefficiente de correlación
- Coefficiente de determinación
- Regresión múltiple
- Señal de control
- Sesgo
- Suavizamiento adaptable
- Pronóstico enfocado

USO DE LAS HOJAS DE CÁLCULO DE EXCEL PARA PRONÓSTICOS

Excel y en general las hojas de cálculo se emplean con frecuencia en el pronóstico. Tanto el suavizamiento exponencial como el análisis de regresión (simple y múltiple) tienen funciones integradas en Excel. También se utiliza el modelo de pronóstico de Excel OM, el cual cuenta con cinco componentes: 1. promedios móviles; 2. promedios móviles ponderados; 3. suavizamiento exponencial; 4. regresión (con una sola variable), y 5. descomposición. El análisis del error de Excel OM es mucho más completo que el disponible en el suplemento de Excel.

El programa 5.1 ilustra las entradas y salidas de Excel, usando los datos de promedios móviles ponderados del ejemplo 2.

Introduzca las ponderaciones que deben colocarse en cada uno de los tres últimos periodos hasta arriba de la columna C: las ponderaciones deben introducirse de la más antigua a la más reciente.

El pronóstico es la suma ponderada de las ventas pasadas (SUMPRODUCT) dividido entre la suma de las ponderaciones (SUM) porque las ponderaciones no suman 1.

El error (B11-E11) es la diferencia entre la demanda y el pronóstico.

El error estándar está dado por la raíz cuadrada del error total dividida entre $n - 2$, donde n es el número de periodos para los que existe el pronóstico, es decir, 9.

| Period | Demand | Weights | Forecast | Error | Absolute | Squared |
|--------|--------|---------|----------|-----------|----------|----------|
| Jan | 10 | 1 | 12.16667 | 3.833333 | 3.833333 | 14.69444 |
| Feb | 12 | 2 | 14.33333 | 4.666667 | 4.666667 | 21.77778 |
| Mar | 13 | 3 | 17 | 6 | 6 | 36 |
| Apr | 16 | | 20.5 | 5.5 | 5.5 | 30.25 |
| May | 19 | | 23.83333 | 6.166667 | 6.166667 | 38.02778 |
| June | 23 | | 27.5 | 0.5 | 0.5 | 0.25 |
| July | 28 | | 28.33333 | -10.33333 | 10.33333 | 106.7778 |
| Aug | 30 | | 23.33333 | -7.333333 | 7.333333 | 53.77778 |
| Sept | 28 | | 18.66667 | -4.666667 | 4.666667 | 21.77778 |
| Oct | 18 | | Total | 4.333333 | 49 | 323.3333 |
| Nov | 16 | | Average | 0.481481 | 5.444444 | 35.92593 |
| Dec | 14 | | Bias | | MAD | MSE |
| | | | | | SE | 6.796358 |

Formulas shown in the spreadsheet:
 = SUMPRODUCT(B17:B19, \$C\$8:\$C\$10)/SUM(\$C\$8:\$C\$10)
 = PROMEDIO(H11:H19)

PROGRAMA 5.1 ■ Programa de análisis de promedios móviles ponderados de Excel OM, empleando los datos del ejemplo 2

El programa 5.2 ofrece un análisis de regresión de Excel OM empleando los datos de energía eléctrica del ejemplo 8.

Como una alternativa para el enfoque del programa 5.2, la regresión pudo haberse efectuado usando Herramientas, Análisis y Regresión de la barra de menús de Excel.

Los "pronósticos" para los primeros 7 periodos están dados por la ordenada + el número del periodo multiplicado por la pendiente. Por ejemplo, = \$B\$16 + \$B\$17*C8

Introduzca los periodos en la columna A. Renumere los periodos como 1-n, como en la columna C.

= ORDENADA (B8:B14, C8:C14)

= PENDIENTE (B8:B14, C8:C14)

= $B\$16 + B\$17 * C19$

El error estándar está dado por la raíz cuadrada del error total dividida entre $n - 2$.

| Period | Demand (y) | Period(x) | Forecast | Error | Absolute | Squared |
|-------------|------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 1997 | 74 | 1 | 67.25 | 6.75 | 6.75 | 45.5625 |
| 1998 | 79 | 2 | 77.78571 | 1.214286 | 1.214286 | 1.47449 |
| 1999 | 80 | 3 | 88.32143 | -8.32143 | 8.3214286 | 69.24617 |
| 2000 | 90 | 4 | 98.85714 | -8.85714 | 8.8571429 | 78.44898 |
| 2001 | 105 | 5 | 109.3929 | -4.39286 | 4.3928571 | 19.29719 |
| 2002 | 142 | 6 | 119.9286 | 22.07143 | 22.071429 | 487.148 |
| 2003 | 122 | 7 | 130.4643 | -8.46429 | 8.4642857 | 71.64413 |
| Total | | | 0.00 | 60.071429 | 772.8214 | |
| Average | | | 0.00 | 8.5816327 | 110.4031 | |
| Bias | | | | | | |
| MAD | | | | | | |
| MSE | | | | | | |
| SE | | | | | | 12.43239 |
| Correlation | | | | | | 0.89491 |

PROGRAMA 5.2 ■ Análisis de regresión de Excel OM, con datos del ejemplo 8

Como alternativa, quizá usted quiera experimentar con el análisis de regresión integrado en Excel. Para hacerlo, en el menú *Herramientas* elija *Análisis* y después *Regresión*. Introduzca sus datos de Y y X en dos columnas (por ejemplo, C y D). Cuando aparezca la ventana de regresión, introduzca los rangos para Y y X, después seleccione *Aceptar*. Excel ofrece varias gráficas y tablas para quienes se interesen por un análisis más riguroso de los problemas de regresión.



USO DE POM PARA WINDOWS PARA PRONOSTICAR

POM para Windows proyecta promedios móviles (simples y ponderados), maneja suavizamiento exponencial (simple y con ajuste de tendencia), pronostica con proyección de tendencia de mínimos cuadrados y resuelve modelos de regresión lineal (causal). También puede desplegar resúmenes del análisis de error y generar gráficas con los datos. Como un ejemplo especial del pronóstico adaptable de suavizamiento exponencial, cuando se emplea una alfa de 0, POM para Windows encontrará los valores de alfa que arrojen una MAD mínima.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 5.1

Las ventas del popular Beetle de Volkswagen han crecido de manera estable durante los últimos 5 años en Nevada (véase la tabla a la derecha). El gerente de ventas predijo en 1997 que las ventas de 1998 serían de 410 VW. Use suavizamiento exponencial con una ponderación $\alpha = .30$ para desarrollar los pronósticos de 1999 a 2003.

| AÑO | VENTAS | PRONÓSTICO |
|------|--------|------------|
| 1998 | 450 | 410 |
| 1999 | 495 | |
| 2000 | 518 | |
| 2001 | 563 | |
| 2002 | 584 | |
| 2003 | ? | |

SOLUCIÓN

| AÑO | PRONÓSTICO |
|------|----------------------------------|
| 1998 | 410.0 |
| 1999 | 422.0 = 410 + .3 (450 - 410) |
| 2000 | 443.9 = 422 + .3 (495 - 422) |
| 2001 | 466.1 = 443.9 + .3 (518 - 443.9) |
| 2002 | 495.2 = 466.1 + .3 (563 - 466.1) |
| 2003 | 521.8 = 495.2 + .3 (584 - 495.2) |

Problema resuelto 5.2

En el ejemplo 7, aplicamos suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia para pronosticar la demanda de un equipo de control de contaminación en los meses 2 y 3 (a partir de datos de 9 meses). Continuemos ahora con este proceso para el mes 4. Queremos confirmar el pronóstico para el mes 4 que se muestra en la tabla 5.1 (p. 133) y la figura 5.3.

Para el mes 4, $A_4 = 19$, con $\alpha = .2$ y $\beta = .4$

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \alpha A_3 + (1 - \alpha)(F_3 + T_3) \\
 &= (.2)(20) + (1 - .2)(15.18 + 2.10) \\
 &= 4.0 + (.8)(17.28) \\
 &= 4.0 + 13.82 \\
 &= 17.82
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_4 &= \beta(F_4 - F_3) + (1 - \beta)T_3 \\
 &= (.4)(17.82 - 15.18) + (1 - .4)(2.10) \\
 &= (.4)(2.64) + (.6)(2.10) \\
 &= 1.056 + 1.26 \\
 &= 2.32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FIT_4 &= 17.82 + 2.32 \\
 &= 20.14
 \end{aligned}$$

Problema resuelto 5.3

En el hotel Toronto Towers Plaza tienen los datos del registro de cuartos de los últimos nueve años. Con el propósito de proyectar la ocupación futura, la administración desea determinar la tendencia matemática del registro de huéspedes. Esta estimación ayudará a determinar si es necesaria una futura ampliación del hotel. Dada la siguiente serie de tiempo,

desarrolle una ecuación de regresión que relacione los registros con el tiempo (por ejemplo, una ecuación de tendencia). Después pronostique los registros para el año 2005. El registro de cuartos está en millares:

| | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1995: 17 | 1996: 16 | 1997: 16 | 1998: 21 | 1999: 20 |
| 2000: 20 | 2001: 23 | 2002: 25 | 2003: 24 | |

SOLUCIÓN

| AÑO | AÑO TRANSFORMADO, x | REGISTROS, y (EN MILLARES) | x^2 | xy |
|------|-----------------------|------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1995 | 1 | 17 | 1 | 17 |
| 1996 | 2 | 16 | 4 | 32 |
| 1997 | 3 | 16 | 9 | 48 |
| 1998 | 4 | 21 | 16 | 84 |
| 1999 | 5 | 20 | 25 | 100 |
| 2000 | 6 | 20 | 36 | 120 |
| 2001 | 7 | 23 | 49 | 161 |
| 2002 | 8 | 25 | 64 | 200 |
| 2003 | 9 | 24 | 81 | 216 |
| | $\Sigma x = 45$ | $\Sigma y = 182$ | $\Sigma x^2 = 285$ | $\Sigma xy = 978$ |

$$b = \frac{\Sigma xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{978 - (9)(5)(20.22)}{285 - (9)(25)} = \frac{978 - 909.9}{285 - 225} = \frac{68.1}{60} = 1.135$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 20.22 - (1.135)(5) = 20.22 - 5.675 = 14.545$$

$$\hat{y}(\text{registros}) = 14\,545 + 1.135x$$

La proyección del registro para 2005 ($x = 11$ en el sistema de códigos utilizado) es

$$\hat{y} = 14.545 + (1.135)(11) = 27.03$$

o 27, 030 huéspedes en 2005

Problema resuelto 5.4

La demanda trimestral del Jaguar XJ8 de un distribuidor de automóviles de Nueva York se pronostica con la siguiente ecuación

$$\hat{y} = 10 + 3x$$

donde x = trimestres y

Trimestre I de 2002 = 0

Trimestre II de 2002 = 1

Trimestre III de 2002 = 2

Trimestre IV de 2002 = 3

Trimestre I de 2003 = 4

etcétera...

y

\hat{y} = demanda trimestral

La demanda de sedanes deportivos es estacional, y los índices para los trimestres I, II, III y IV son 0.80, 1.00, 1.30 y 0.90, respectivamente. Pronostique la demanda para cada trimestre de 2004. Después estacionalice cada pronóstico para ajustarlo a las variaciones trimestrales.

SOLUCIÓN

El trimestre II de 2003 se codifica $x = 5$; el trimestre III de 2003, $x = 6$; y el trimestre IV de 2003, $x = 7$. Por tanto, el trimestre I de 2004 se codifica $x = 8$; el trimestre II de 2004, $x = 9$, etcétera.

$$\hat{y}(\text{trimestre I de 2004}) = 10 + 3(8) = 34$$

$$\hat{y}(\text{trimestre II de 2004}) = 10 + 3(9) = 37$$

$$\hat{y}(\text{trimestre III de 2004}) = 10 + 3(10) = 40$$

$$\hat{y}(\text{trimestre IV de 2004}) = 10 + 3(11) = 43$$

$$\text{Pronóstico ajustado} = (.80)(34) = 27.2$$

$$\text{Pronóstico ajustado} = (1.00)(37) = 37$$

$$\text{Pronóstico ajustado} = (1.30)(40) = 52$$

$$\text{Pronóstico ajustado} = (.90)(43) = 38.7$$

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos actuales e investigación
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet
- Casos de Internet



PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Qué es un modelo de pronóstico cualitativo y cuándo es apropiado su uso?
2. Identifique y describa brevemente los dos enfoques generales del pronóstico.
3. Identifique los tres horizontes de tiempo de pronósticos. Establezca una duración aproximada para cada uno.
4. Describa de manera concisa los pasos para desarrollar un sistema de pronósticos.
5. Un administrador escéptico pregunta para qué sirve un pronóstico de mediano plazo. Sugiera al administrador tres usos o propósitos posibles.
6. Explique qué técnicas de pronósticos, como promedios móviles, promedios móviles ponderados y suavizamiento exponencial, no son apropiados para las series de datos que presentan una tendencia.
7. ¿Cuál es la diferencia básica entre promedios móviles ponderados y suavizamiento exponencial?

8. ¿Cuáles son los tres métodos empleados para medir la precisión de cualquier método de pronósticos? ¿Cómo determinaría si es mejor una regresión de series de tiempo o un suavizamiento exponencial para una aplicación específica?
9. Describa brevemente el método Delphi. ¿Cómo podría usarlo alguno de los jefes para los que haya trabajado?
10. ¿Cuál es la principal diferencia entre un modelo de series de tiempo y un modelo causal?
11. Defina qué es una serie de tiempo.
12. ¿Qué efecto tiene el valor de la constante de suavizado en la ponderación dada a los valores recientes?
13. Explique el valor de los índices estacionales al pronosticar. ¿En qué difieren los patrones cíclicos y los patrones estacionales?
14. ¿Qué técnica de pronóstico da más importancia a los valores recientes? ¿Cómo se logra?
15. Explique con sus propias palabras qué es un pronóstico adaptable.
16. ¿Cuál es el propósito de las señales de control?
17. Explique con sus propias palabras cuál es el significado del coeficiente de correlación. Analice el significado de un valor negativo del coeficiente de correlación.
18. ¿Cuál es la diferencia entre una variable dependiente y una variable independiente?
19. Mencione algunos ejemplos de industrias afectadas por la estacionalidad. ¿Por qué estos negocios desearían no depender de la estacionalidad?
20. Dé algunos ejemplos de industrias donde el pronóstico de la demanda depende de la demanda de otros productos.
21. ¿Qué ocurre con nuestra capacidad para pronosticar cuando pronosticamos periodos cada vez más lejanos en el futuro?

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

En 2002, el consejo de rectores responsable del financiamiento de la educación pública profesional en uno de los estados del oeste medio de Estados Unidos, contrató a un consultor para desarrollar una serie de modelos para pronosticar las inscripciones, uno para cada universidad. Estos modelos empleaban datos históricos y suavizamiento exponencial para pronosticar las inscripciones del siguiente año escolar. Con base en el modelo, que incluía una constante de suavizado (α) para cada escuela, el consejo establecía el presupuesto por colegio. La presidenta del consejo seleccionó

personalmente cada constante de suavizado a partir de lo que ella llamó sus "agallas y entendimiento político".

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este sistema? Responda desde la perspectiva de: a) el consejo de rectores, y b) el rector de cada universidad. ¿De qué manera se podría abusar de este modelo y qué podría hacerse para eliminar cualquier sesgo? ¿Cómo podría emplearse el *modelo de regresión* para producir resultados que favorecieran un pronóstico sobre otro?

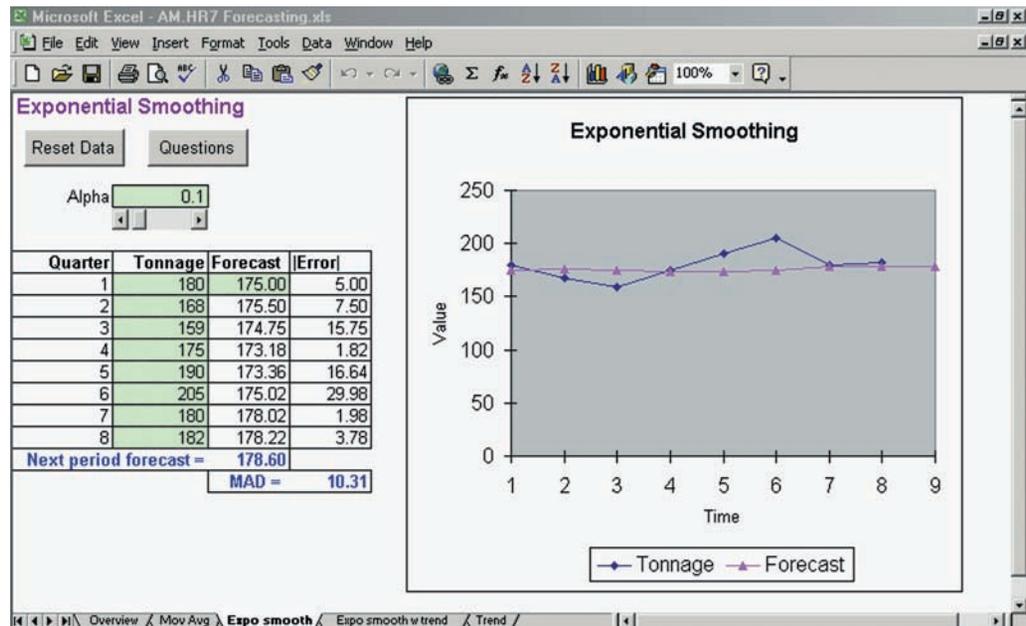
EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este modelo activo le permite evaluar elementos importantes de un pronóstico de suavizamiento exponencial.

MODELO ACTIVO 5.2

Suavizamiento exponencial con los datos del ejemplo 4.

Observe que los términos de error en el ejemplo 4 se redondearon, por lo cual aquí la MAD es ligeramente distinta.



Preguntas

1. ¿Qué pasa con la gráfica cuando alfa es igual a cero?
2. ¿Qué pasa con la gráfica cuando alfa es igual a 1?
3. En general, ¿qué ocurre con el pronóstico cuando alfa se aumenta?
4. ¿En qué nivel de alfa se minimiza la desviación absoluta media (MAD)?



PROBLEMAS*

P_x . 5.1 La tabla da el número de unidades de sangre tipo A que el hospital Woodlawn utilizó en las últimas 6 semanas.

| SEMANA DE | UNIDADES EMPLEADAS |
|---------------|--------------------|
| agosto 31 | 360 |
| septiembre 7 | 389 |
| septiembre 14 | 410 |
| septiembre 21 | 381 |
| septiembre 28 | 368 |
| octubre 5 | 374 |

- a) Pronostique la demanda para la semana del 12 de octubre con un promedio móvil de 3 semanas.
- b) Utilice un promedio móvil ponderado de tres semanas, con ponderaciones de .1, .3 y .6 usando .6 para la semana más reciente. Pronostique la demanda para la semana del 12 de octubre.
- c) Calcule el pronóstico para la semana del 12 de octubre aplicando suavizamiento exponencial con un pronóstico de 360 para el 31 de agosto y $\alpha = .2$.

P_x : 5.2

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------|---|---|---|---|----|---|----|----|---|----|----|
| Demanda | 7 | 9 | 5 | 9 | 13 | 8 | 12 | 13 | 9 | 11 | 7 |

- a) Grafique los datos anteriores. ¿Observa alguna tendencia, ciclos o variaciones aleatorias?
- b) Comenzando en el año 4 y hasta el año 12, pronostique la demanda usando promedios móviles de 3 años. Grafique su pronóstico en la misma gráfica de los datos originales.
- c) Comenzando en el año 4 y hasta el año 12, pronostique la demanda usando un promedio móvil de 3 años, con ponderaciones de .1, .3 y .6, utilizando .6 para el año más reciente. Grafique su pronóstico en la misma gráfica.
- d) Al observar el pronóstico contra los datos originales, ¿cuál considera que proporciona mejores resultados?

P_x . 5.3 Regrese al problema 5.2. Desarrolle un pronóstico para los años 2 al 12 mediante suavizamiento exponencial con $\alpha = .4$ y un pronóstico para el año 1 de 6. Grafique su nuevo pronóstico junto con los datos reales y un pronóstico intuitivo. Con base en su inspección visual, ¿qué pronóstico es mejor?

P_x . 5.4 Un centro de procesamiento de cheques usa el suavizamiento exponencial para pronosticar el número de cheques entrantes por mes. El número de cheques recibidos en junio fue 40 millones, mientras que el pronóstico era 42 millones. Se empleó una constante de suavizado de .2.

- a) ¿Cuál es el pronóstico para julio?
- b) ¿Si el centro recibió 45 millones de cheques en julio, ¿cuál será el pronóstico para agosto?
- c) ¿Por qué razón podría ser inapropiado este método de pronóstico para esta situación?

P_x : 5.5 El hospital Carbondale está pensando comprar una nueva ambulancia. La decisión dependerá, en parte, del número de millas que habrán de manejar el próximo año. Las millas recorridas durante los 5 años anteriores son las siguientes:

| AÑO | MILLAS |
|-----|--------|
| 1 | 3,000 |
| 2 | 4,000 |
| 3 | 3,400 |
| 4 | 3,800 |
| 5 | 3,700 |

- a) Pronostique el número de millas para el próximo año con un promedio móvil de 2 años.
- b) Encuentre la MAD para su pronóstico del inciso a.
- c) Use un promedio móvil ponderado de 2 años con ponderaciones de .4 y .6 para pronosticar el número de millas del próximo año. (.6 el peso del año más reciente.) ¿Cuál es la MAD de este pronóstico?
- d) Calcule el pronóstico para el año 6 mediante suavizamiento exponencial, un pronóstico inicial para el año 1 de 3,000 millas y $\alpha = .5$.

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; **P_x** significa que el problema se resuelve con Excel OM; y **P_x** que el problema se resuelve con POM para Windows o con Excel OM.



5.6 Las ventas mensuales en Telco Batteries, Inc. fueron como sigue:

| MES | VENTAS |
|------------|--------|
| Enero | 20 |
| Febrero | 21 |
| Marzo | 15 |
| Abril | 14 |
| Mayo | 13 |
| Junio | 16 |
| Julio | 17 |
| Agosto | 18 |
| Septiembre | 20 |
| Octubre | 20 |
| Noviembre | 21 |
| Diciembre | 23 |

- a) Grafique las ventas mensuales en una hoja de papel milimétrico.
- b) Pronostique las ventas para enero empleando cada uno de los siguientes:
 - i. Método intuitivo.
 - ii. Promedio móvil de 3 meses.
 - iii. Promedio móvil ponderado de 6 meses con .1, .1, .1, .2, .2 y .3, aplicando las ponderaciones más altas a los meses más recientes.
 - iv. Suavizamiento exponencial con $\alpha = .3$ y un pronóstico para septiembre de 18.
 - v. Una proyección de tendencia.
- c) Con los datos dados, ¿qué método le permitiría elaborar el pronóstico de ventas para el próximo mes de marzo?

5.7

Doug Moodie es el presidente de Garden Products Limited. Durante los últimos 5 años, ha pedido a sus vicepresidentes de marketing y de operaciones que le den pronósticos de ventas. Las ventas reales y los pronósticos se presentan en la tabla. De acuerdo con MAD, ¿cuál de los dos vicepresidentes presentó un mejor pronóstico?

| AÑO | VENTAS | VP/MARKETING | VP/OPERACIONES |
|-----|---------|--------------|----------------|
| 1 | 167,325 | 170,000 | 160,000 |
| 2 | 175,362 | 170,000 | 165,000 |
| 3 | 172,536 | 180,000 | 170,000 |
| 4 | 156,732 | 180,000 | 175,000 |
| 5 | 176,325 | 165,000 | 165,000 |



5.8 Las temperaturas diarias altas en la ciudad de Houston durante la última semana fueron las siguientes: 93, 94, 93, 95, 96, 88, 90 (ayer).

- a) Pronostique la temperatura alta para hoy usando un promedio móvil de 3 días.
- b) Pronostique la temperatura alta para hoy usando un promedio móvil de 2 días.
- c) Calcule la desviación absoluta media con base en un promedio móvil de 2 días.
- d) Calcule el error cuadrático medio para un promedio móvil de 2 días.
- e) Calcule el error porcentual absoluto medio para el promedio móvil de 2 días.



5.9 H-P usa un chip X63 en algunas de sus computadoras. Los precios del chip durante los últimos 12 meses han sido:

| MES | PRECIO POR CHIP | MES | PRECIO POR CHIP |
|---------|-----------------|------------|-----------------|
| Enero | \$1.80 | Julio | 1.80 |
| Febrero | 1.67 | Agosto | 1.83 |
| Marzo | 1.70 | Septiembre | 1.70 |
| Abril | 1.85 | Octubre | 1.65 |
| Mayo | 1.90 | Noviembre | 1.70 |
| Junio | 1.87 | Diciembre | 1.75 |

- a) Use un promedio móvil de 2 meses en todos los datos y grafique los promedios y los precios.
- b) Use un promedio móvil de 3 meses y agréguelo en la gráfica creada en el inciso a.
- c) ¿Cuál es mejor (usando la desviación absoluta media): el promedio de 2 meses o el promedio de 3 meses?
- d) Calcule el pronóstico para cada mes con suavizamiento exponencial y un pronóstico inicial para enero de \$1.80. Utilice $\alpha = .1$, después $\alpha = .3$ y por último $\alpha = .5$. Según MAD, ¿qué α es mejor?

P_x : 5.10 Los datos recolectados en las inscripciones anuales para un seminario de Six Sigma en el Quality College se muestran en la siguiente tabla:

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------------------------|---|---|---|---|----|---|---|---|----|----|----|
| Inscripciones (en miles) | 4 | 6 | 4 | 5 | 10 | 8 | 7 | 9 | 12 | 14 | 15 |

- a) Desarrolle un promedio móvil de 3 años para pronosticar las inscripciones del año 4 al año 12.
- b) Estime la demanda de nuevo para los años 4 al 12 con un promedio móvil ponderado donde la inscripción del año más reciente tiene un peso de 2 y en los otros dos años un peso de 1.
- c) Grafique los datos originales y los dos pronósticos. ¿Cuál de los dos métodos de pronóstico parece mejor?

P_x : 5.11 Use suavizamiento exponencial con constante de suavizado de 0.3 para pronosticar las inscripciones al seminario del problema 5.10. Para comenzar el procedimiento, suponga que el pronóstico para el año 1 fue una inscripción de 5,000 personas.

· 5.12 En los problemas 5.10 y 5.11 se desarrollaron tres pronósticos de las inscripciones al seminario que son: promedio móvil de 3 años, promedio móvil ponderado y suavizamiento exponencial. Con MAD como criterio, ¿cuál de los tres métodos de pronóstico es mejor? Explique su respuesta.

P_x : 5.13 Como se observa en la siguiente tabla, la demanda de cirugía para el trasplante de corazón en el Hospital General de Washington ha aumentado de manera estable durante los últimos años:

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------|----|----|----|----|----|---|
| Trasplantes de corazón | 45 | 50 | 52 | 56 | 58 | ? |

El director de servicios médicos predijo hace 6 años que la demanda en el año 1 sería de 41 cirugías.

- a) Use suavizamiento exponencial, primero con una constante de suavizado de .6 y después de .9, para desarrollar el pronóstico de los años 2 a 6.
- b) Utilice un promedio móvil de 3 años para pronosticar la demanda de los años 4, 5 y 6.
- c) Con el método de proyección de tendencia pronostique la demanda para los años 1 a 6.

· 5.14 Regrese al problema 5.13. Con base en el criterio de MAD, ¿cuál de los cuatro métodos de pronóstico es mejor?

P_x : 5.15 Retome el problema resuelto 5.1. Use un promedio móvil de 3 años para pronosticar las ventas de Volkswagen Beetle en Nevada durante 2003.

P_x : 5.16 Retome el problema resuelto 5.1. Usando el método de proyección de tendencia pronostique las ventas de Volkswagen Beetle en Nevada durante 2003.

P_x : 5.17 Vuelva al problema resuelto 5.1. Con constantes de suavizado de .6 y .9, pronostique las ventas de Volkswagen Beetle. ¿Qué efecto tiene la constante de suavizado en el pronóstico? Use MAD para determinar cuál de las tres constantes de suavizado (.3, .6 y .9) da el pronóstico más acertado.

· 5.18 Regrese al problema resuelto 5.1 y a los problemas 5.15 y 5.16. Con MAD como criterio ¿utilizaría suavizamiento exponencial con constante de suavizado de .3 como se muestra en el problema resuelto 5.1, un promedio móvil de 3 años, o usaría la tendencia para predecir las ventas de Volkswagen Beetle? Explique su respuesta.

P : 5.19 Los ingresos en el despacho de abogados Smith and Wesson para el periodo de febrero a julio han sido:

| Mes | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio |
|--------------------|---------|-------|-------|------|-------|-------|
| Ingreso (en miles) | 70.0 | 68.5 | 64.8 | 71.7 | 71.3 | 72.8 |

Use suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia para pronosticar el ingreso de agosto para este despacho de abogados. Suponga que el pronóstico inicial para febrero es 65,000 dólares y el ajuste de tendencia inicial 0. Las constantes de suavizado seleccionadas son $\alpha = .1$ y $\beta = .2$.

P : 5.20 Resuelva el Problema 5.19 con $\alpha = .1$ y $\beta = .8$. Empleando MSE, ¿cuál constante de suavizado proporciona mejor pronóstico?

P : 5.21 Véase la ilustración de suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia del ejemplo 7. Con $\alpha = .2$ y $\beta_i = .4$, pronosticamos las ventas de 9 meses y mostramos el detalle de los cálculos para los meses 2 y 3. En el problema resuelto 5.2 continuamos el proceso para el mes 4.

En este problema muestre sus cálculos para los meses 5 y 6 para F_t , T_t y FIT_t .

P · 5.22 Retome el problema 5.21. Complete los cálculos del pronóstico de suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia para los periodos 7, 8 y 9. Confirme que sus cifras para F_t , T_t y FIT_t correspondan a los de la tabla 5.1.

· 5.23 La tabla muestra las ventas de deshidratadores de vegetales durante el año pasado en la tienda departamental de descuento Bud Banis de St. Louis. Los administradores prepararon un pronóstico empleando una combinación de suavizamiento exponencial y su juicio colectivo para los siguientes 4 meses (marzo, abril, mayo y junio de 2002).

| MES | VENTAS UNITARIAS 2001-2002 | PRONÓSTICO DE LA ADMINISTRACIÓN |
|------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Julio | 100 | |
| Agosto | 93 | |
| Septiembre | 96 | |
| Octubre | 110 | |
| Noviembre | 124 | |
| Diciembre | 119 | |
| Enero | 92 | |
| Febrero | 83 | |
| Marzo | 101 | 120 |
| Abril | 96 | 114 |
| Mayo | 89 | 110 |
| Junio | 108 | 108 |

- a) Calcule MAD y MAPE como técnica de la administración.
- b) ¿Considera que los resultados de la administración superaron (tienen MAD y MAPE menores que) el pronóstico intuitivo?
- c) ¿Qué pronóstico recomendaría, con base en el menor error de pronóstico?

P · 5.24 El administrador de operaciones de un distribuidor de instrumentos musicales cree que la demanda de bombos puede estar relacionada con el número de apariciones en televisión del popular grupo de rock Green Shades durante el mes pasado. El administrador ha recabado los datos que se muestran en la siguiente tabla:

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|---|----|---|
| Demanda de bombos | 3 | 6 | 7 | 5 | 10 | 8 |
| Apariciones en TV de Green Shades | 3 | 4 | 7 | 6 | 8 | 5 |

- a) Elabore una gráfica con estos datos para saber si una ecuación lineal podría describir la relación entre las apariciones del grupo en TV y la venta de bombos.
- b) Use el método de regresión de mínimos cuadrados para obtener una ecuación de pronóstico.
- c) ¿Cuál sería su estimación de las ventas de bombos si Green Shades hubiese aparecido 9 veces en TV el mes anterior?

P · 5.25 La tabla presenta los datos del número de accidentes ocurridos en la carretera estatal 101 de Florida durante los últimos 4 meses.

| MES | NÚMERO DE ACCIDENTES |
|---------|----------------------|
| Enero | 30 |
| Febrero | 40 |
| Marzo | 60 |
| Abril | 90 |

Pronostique el número de accidentes que ocurrirán en mayo con regresión de mínimos cuadrados para obtener una ecuación de tendencia.

· 5.26 En el pasado, la distribuidora Larry Youdelman vendió un promedio de 1,000 llantas radiales cada año. En los dos años anteriores vendió 200 y 250 respectivamente durante el otoño, 350 y 300 en invierno, 150 y 165 en primavera y 300 y 285 en verano. Con una ampliación importante en puerta, Youdelman proyecta que las ventas se incrementarán el próximo año a 1,200 radiales. ¿Cuál será la demanda en cada estación?

· 5.27 Pasta Alfredo, un restaurante en Des Moines, basa su programación de mano de obra en la demanda anticipada de sus clientes. La demanda muestra poca tendencia, pero tiene una variabilidad sustancial entre los días de la semana. Por lo tanto, el restaurante desea construir un sistema de pronóstico que le permita predecir de manera adecuada el número de clientes para cualquier día dado en el futuro cercano. Alfredo ha recabado datos de las cuatro últimas semanas, que se muestran a continuación. Calcule los índices estacionales (diarios) para el restaurante.

| | | | | | | | |
|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
| Lun., 9/9 | 84 | Lun., 9/16 | 82 | Lun., 9/23 | 93 | Lun., 9/30 | 80 |
| Mar., 9/10 | 82 | Mar., 9/17 | 71 | Mar., 9/24 | 77 | Mar., 10/1 | 67 |
| Miér., 9/11 | 78 | Miér., 9/18 | 89 | Miér., 9/25 | 83 | Miér., 10/2 | 98 |
| Jue., 9/12 | 95 | Jue., 9/19 | 94 | Jue., 9/26 | 103 | Jue., 10/3 | 96 |
| Vie., 9/13 | 130 | Vie., 9/20 | 144 | Vie., 9/27 | 135 | Vie., 10/4 | 125 |
| Sáb., 9/14 | 144 | Sáb., 9/21 | 135 | Sáb., 9/28 | 140 | Sáb., 10/5 | 136 |
| Dom., 9/15 | 42 | Dom., 9/22 | 48 | Dom., 9/29 | 37 | Dom., 10/6 | 40 |



5.28

La asistencia a un nuevo parque tipo Disney en Orlando, Vacation World, ha sido la siguiente:

| TRIMESTRE | ASISTENTES (EN MILES) | TRIMESTRE | ASISTENTES (EN MILES) |
|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| Invierno 2001 | 73 | Verano 2002 | 124 |
| Primavera 2001 | 104 | Otoño 2002 | 52 |
| Verano 2001 | 168 | Invierno 2003 | 89 |
| Otoño 2001 | 74 | Primavera 2003 | 146 |
| Invierno 2002 | 65 | Verano 2003 | 205 |
| Primavera 2002 | 82 | Otoño 2003 | 124 |

Calcule los índices estacionales usando todos los datos.

5.29

Central States Electric Company estima que la recta de tendencia de su demanda (en millones de kilowatt/hora) es

$$D = 77 + 0.43Q$$

donde Q se refiere al número secuencial de trimestres y $Q = 1$ para el invierno de 1980. Además, los factores multiplicadores estacionales son:

| TRIMESTRE | FACTOR (ÍNDICE) |
|-----------|-----------------|
| Invierno | .8 |
| Primavera | 1.1 |
| Verano | 1.4 |
| Otoño | .7 |

Pronostique el uso de energía para los cuatro trimestres de 2005, comenzando en invierno.



5.30

Brian Buckley ha desarrollado el siguiente modelo de pronósticos:

$$\hat{y} = 36 + 4.3x$$

donde \hat{y} = demanda de aires acondicionados Aztec y
 x = la temperatura exterior (°F)

- a) Pronostique la demanda de Aztec cuando la temperatura es 70°F.
- b) ¿Cuál es la demanda cuando la temperatura es 80°F?
- c) ¿Cuál es la demanda cuando la temperatura es 90°F?



5.31

Las ventas de las cortadoras de césped Gemini durante los últimos tres años se presentan por estación como sigue:

| AÑO | ESTACIÓN | VENTAS |
|-----|------------------|--------|
| 1 | Primavera/Verano | 26,825 |
| | Otoño/Invierno | 5,722 |
| 2 | Primavera/Verano | 28,630 |
| | Otoño/Invierno | 7,633 |
| 3 | Primavera/Verano | 30,255 |
| | Otoño/Invierno | 8,745 |

- a) Use regresión lineal para encontrar la recta que se ajuste mejor.
- b) ¿Cuál es el error con esta recta?
- c) ¿Cómo deben realizarse los pronósticos para el año 4?

P_x . 5.32

Los siguientes datos relacionan las cifras de ventas en el pequeño bar de la casa de huéspedes Marty and Polly Starr, en Marathon, Florida, con el número de huéspedes registrados esa semana:

| SEMANA | HUÉSPEDES | VENTAS DEL BAR |
|--------|-----------|----------------|
| 1 | 16 | \$330 |
| 2 | 12 | 270 |
| 3 | 18 | 380 |
| 4 | 14 | 300 |

- a) Realice una regresión lineal que relacione las ventas en el bar con los huéspedes (no con el tiempo).
- b) Si el pronóstico es 20 huéspedes la semana siguiente, ¿de cuánto se espera que sean las ventas?

P_x . 5.33

La tabla presenta los datos del número de transistores (en millones) manufacturados en una planta de Japón durante los últimos 5 años:

| AÑO | TRANSISTORES |
|-----|--------------|
| 1 | 140 |
| 2 | 160 |
| 3 | 190 |
| 4 | 200 |
| 5 | 210 |

- a) Pronostique el número de transistores que se fabricará el próximo año usando regresión lineal.
- b) Calcule el error medio cuadrático (MSE) cuando use la regresión lineal.
- c) Calcule el error porcentual absoluto medio (MAPE).

5.34

El número de accidentes automovilísticos en cierta región está relacionado con el número de automóviles registrados en miles (X_1), la venta de bebidas alcohólicas en unidades de \$10,000 (X_2) y la cantidad de lluvia en pulgadas (X_3). Además la fórmula de regresión se ha calculado como

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

donde Y = número de accidentes automovilísticos,

$$a = 7.5, b_1 = 3.5, b_2 = 4.5, \text{ y } b_3 = 2.5$$

Calcule el número esperado de accidentes en las condiciones a, b, y c:

| | X_1 | X_2 | X_3 |
|-----|-------|-------|-------|
| (a) | 2 | 3 | 0 |
| (b) | 3 | 5 | 1 |
| (c) | 4 | 7 | 2 |

P : 5.35

Barbara Downey, corredora de bienes raíces en Missouri, ha diseñado un modelo de regresión que le ayuda a determinar los precios de las casas residenciales en Lake Charles, Louisiana. El modelo se desarrolló empleando las ventas recientes en un vecindario particular. El precio de la casa (Y) se basa en el tamaño (pies cuadrados = X). El modelo es

$$Y = 13,473 + 37.65X$$

El coeficiente de correlación para el modelo es 0.63.

- a) Use el modelo para predecir el precio de venta de una casa que tiene 1,860 pies cuadrados.
- b) Una casa con 1,860 pies cuadrados se vendió recientemente en 95,000 dólares. Explique por qué esta cifra no corresponde con la predicción del modelo.
- c) Si usara regresión múltiple para desarrollar dicho modelo, ¿cuáles otras variables cuantitativas podrían incluirse?
- d) ¿Cuál es el valor del coeficiente de determinación en este problema?

P . 5.36

Los contadores de la firma Doke and Reed creen que algunos ejecutivos estaban incluyendo en sus cuentas vouchers de gastos inusualmente altos cuando regresaban de sus viajes de negocios. Primero tomaron una muestra de 200 vouchers entregados durante el año pasado. Después desarrollaron la siguiente ecuación de regresión múltiple para relacionar el costo esperado del viaje con el número de días de viaje (x_1) y la distancia recorrida (x_2) en millas:

$$\hat{y} = \$90.00 + \$48.50x_1 + \$0.40x_2$$

El coeficiente de correlación calculado fue 0.68.

- a) Si Bill Tomlinson regresa de un viaje de 300 millas que le tomó 5 días fuera de la ciudad, ¿cuál es la cantidad esperada que debe solicitar por los gastos?
- b) Tomlinson sometió una solicitud de reembolso por 685 dólares. ¿Qué debe hacer el contador?
- c) ¿Deberían incluirse otras variables? ¿Cuáles? ¿Por qué?



5.37

Las ventas de las pasadas 10 semanas en los escaparates de la tienda de música Johnny Ho en Columbia, Ohio, se muestran en la siguiente tabla. Pronostique la demanda, incluyendo la semana 10, usando suavizamiento exponencial con $\alpha = .5$ (pronóstico inicial = 30). Calcule MAD y la señal de control.

| SEMANA | DEMANDA | SEMANA | DEMANDA |
|--------|---------|--------|---------|
| 1 | 13 | 6 | 29 |
| 2 | 21 | 7 | 36 |
| 3 | 28 | 8 | 22 |
| 4 | 37 | 9 | 25 |
| 5 | 25 | 10 | 28 |



5.38

El gobierno de la ciudad ha recolectado los siguientes datos de la recaudación anual de impuestos sobre ventas y registros de automóviles nuevos:

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Impuestos anuales recaudados por ventas (en millones) | 1.0 | 1.4 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 2.1 | 2.3 |
| Registros de nuevos automóviles (en miles) | 10 | 12 | 15 | 16 | 14 | 17 | 20 |

Determine lo siguiente:

- a) La ecuación de regresión de mínimos cuadrados.
- b) A partir de los resultados del inciso a, encuentre la recaudación estimada de impuestos por ventas si los registros de autos nuevos ascienden a 22,000.
- c) Los coeficientes de correlación y determinación.



5.39

La doctora Susan Sweeney, psicóloga en Providence, se especializa en el tratamiento de pacientes con agorafobia (angustia al salir de su casa). La siguiente tabla indica cuántos pacientes ha atendido anualmente durante los últimos 10 años. Asimismo señala cuál fue el índice de robos en Providence para el mismo año.

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| Número de pacientes | 36 | 33 | 40 | 41 | 40 | 55 | 60 | 54 | 58 | 61 |
| Índice de robos por cada 1000 habitantes | 58.3 | 61.1 | 73.4 | 75.7 | 81.1 | 89.0 | 101.1 | 94.8 | 103.3 | 116.2 |

Usando el análisis de tendencia, pronostique el número de pacientes que la doctora Sweeney atenderá en los años 11 y 12. ¿Qué tan bien se ajusta el modelo a los datos?



5.40

Con los datos del problema 5.39, aplique regresión lineal para estudiar la relación entre índice de robos y la carga de pacientes de la doctora Sweeney. Si el índice de robos se incrementa a 131.2 en el año 11, ¿cuántos pacientes con fobia atenderá la doctora Sweeney? Si el índice de robos cae a 90.6, ¿cuál es la proyección de pacientes?



5.41

Se cree que los viajes en autobús y metro durante los meses de verano en Londres están estrechamente relacionados con el número de turistas que visitan la ciudad. Durante los últimos 12 años se ha obtenido la siguiente información:

| AÑO (MESES DE VERANO) | NÚMERO DE TURISTAS (EN MILLONES) | VIAJES (EN MILLONES) | AÑO (MESES DE VERANO) | NÚMERO DE TURISTAS (EN MILLONES) | VIAJES (EN MILLONES) |
|--------------------------|--|-------------------------|--------------------------|--|-------------------------|
| 1 | 7 | 1.5 | 7 | 16 | 2.4 |
| 2 | 2 | 1.0 | 8 | 12 | 2.0 |
| 3 | 6 | 1.3 | 9 | 14 | 2.7 |
| 4 | 4 | 1.5 | 10 | 20 | 4.4 |
| 5 | 14 | 2.5 | 11 | 15 | 3.4 |
| 6 | 15 | 2.7 | 12 | 7 | 1.7 |

- a) Grafique estos datos y decida si es razonable el modelo lineal.
- b) Desarrolle una relación de regresión.
- c) ¿Cuál es el número de viajes esperado si en un año 10 millones de turistas visitan Londres?
- d) Explique el comportamiento de los viajes pronosticados si no hubiera turistas.
- e) ¿Cuál es el error estándar de la estimación?
- f) ¿Cuáles son el coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación del modelo?

- 5.42 Des Moines Power and Light ha recabado los datos de la demanda de energía eléctrica en su subregión oeste sólo para los 2 últimos años. La información se muestra en la siguiente tabla:

| DEMANDA EN MEGAWATTS | | | DEMANDA EN MEGAWATTS | | |
|----------------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| MES | AÑO PASADO | AÑO ACTUAL | MES | AÑO PASADO | AÑO ACTUAL |
| Ene. | 5 | 17 | Jul. | 23 | 44 |
| Feb. | 6 | 14 | Ago. | 26 | 41 |
| Mar. | 10 | 20 | Sep. | 21 | 33 |
| Abr. | 13 | 23 | Oct. | 15 | 23 |
| May. | 18 | 30 | Nov. | 12 | 26 |
| Jun. | 15 | 38 | Dic. | 14 | 17 |

Con el propósito de planear una ampliación y acordar el préstamo de energía con otras compañías de servicios públicos para los periodos pico, necesita estar en posibilidad de pronosticar la demanda de cada mes para el próximo año. No obstante, los modelos de pronóstico estándar analizados en este capítulo no se ajustan a los datos observados durante los dos años.

- ¿Cuáles son las debilidades de las técnicas de pronósticos estándar al aplicarse a esta serie de datos?
- Como los modelos conocidos no son realmente apropiados para este caso, haga una propuesta para aproximarse al pronóstico. Aun cuando no existe una solución perfecta para manejar datos de este tipo (en otras palabras, no existen respuestas 100% correctas o incorrectas), justifique su modelo.
- Pronostique la demanda para cada mes del próximo año con el modelo que propuso.

-  5.43 Las llamadas de emergencia durante las últimas 24 semanas al sistema 911 de Gainesville, Florida, se muestran en la siguiente tabla:

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Llamadas | 50 | 35 | 25 | 40 | 45 | 35 | 20 | 30 | 35 | 20 | 15 | 40 |
| Semana | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Llamadas | 55 | 35 | 25 | 55 | 55 | 40 | 35 | 60 | 75 | 50 | 40 | 65 |

- Calcule el pronóstico suavizado exponencialmente de las llamadas para cada semana. Suponga un pronóstico inicial de 50 llamadas en la primera semana, y use $\alpha = .2$. ¿Cuál es el pronóstico para la semana 25?
- Pronostique de nuevo con $\alpha = .6$.
- Las llamadas reales durante la semana 25 fueron 85. ¿Qué constante de suavizado proporciona un pronóstico superior? Explique y justifique la medida de error que usó.

-  5.44 Usando los datos de las llamadas al 911 en el problema 5.43, pronostique las llamadas para la semana 2 a 25 con un modelo de suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia. Suponga un pronóstico inicial de 50 llamadas para la semana 1 y una tendencia inicial de cero. Utilice constantes de suavizado $\alpha = .3$ y $\beta = .2$. ¿Es éste un mejor modelo que el empleado en el problema 5.43? ¿Qué ajuste podría ser útil para mejorarlo aún más? (De nuevo suponga que las llamadas reales en la semana 25 fueron 85.)

-  5.45 El distrito escolar del este de Dubuque intenta pronosticar sus necesidades de maestras de jardín de niños durante los siguientes 5 años. El distrito cuenta con datos de nacimientos e inscripciones de los últimos 10 años. *Las inscripciones ocurren 5 años después de los nacimientos.* Pronostique las inscripciones para los siguientes 2 años, de acuerdo con los datos de los últimos 10 años:

| AÑO | NACIMIENTOS | INSCRIPCIONES | AÑO | NACIMIENTOS | INSCRIPCIONES |
|-----|-------------|---------------|-----|-------------|---------------|
| 1 | 131 | 161 | 6 | 130 | 148 |
| 2 | 192 | 127 | 7 | 128 | 188 |
| 3 | 158 | 134 | 8 | 124 | 155 |
| 4 | 93 | 141 | 9 | 97 | 110 |
| 5 | 107 | 112 | 10 | 147 | 124 |

-  5.46 Trece estudiantes entraron al programa de administración de operaciones en el Rollins College hace dos años. La siguiente tabla indica los puntos que obtuvo cada estudiante en el examen de matemáticas de preparatoria SAT y los promedios finales (GPA) después su participación en el programa de Rollins dos años.

- ¿Existe alguna relación significativa entre los puntos obtenidos en matemáticas en el SAT y los promedios finales?
- Si un estudiante obtuvo 350 puntos, ¿cuál será su GPA?
- ¿Qué ocurre con un estudiante que obtuvo 800?

| Estudiante | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Puntos SAT | 421 | 377 | 585 | 690 | 608 | 390 | 415 | 481 | 729 | 501 | 613 | 709 | 366 |
| GPA | 2.90 | 2.93 | 3.00 | 3.45 | 3.66 | 2.88 | 2.15 | 2.53 | 3.22 | 1.99 | 2.75 | 3.90 | 1.60 |

- P_x** : 5.47 El fabricante de un nuevo software de juegos de realidad virtual desea determinar como afecta en sus ventas el gasto en publicidad vía Internet. Con la información que se presenta en la tabla, use una regresión de mínimos cuadrados para desarrollar una relación entre publicidad y ventas del nuevo software. ¿Cuáles son las ventas esperadas cuando la publicidad asciende a 65,000 dólares?

| MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Ventas unitarias (en miles) | 21 | 24 | 27 | 32 | 29 | 37 | 43 | 43 | 54 | 66 |
| Publicidad (en miles de dólares) | 14 | 17 | 25 | 25 | 35 | 35 | 45 | 50 | 60 | 60 |

- P_x** : 5.48 Sundar Balakrishnan, gerente general de Precision Engineering Corporation (PEC), cree que los servicios de ingeniería que las empresas de construcción de carreteras que contratan a su compañía se relacionan directamente con el volumen de negocios de construcción de carreteras que contrata a compañías en su área geográfica. Se pregunta si realmente es de esta forma, y si lo es, ¿ayudaría esta información para planear mejor sus operaciones, si pronostica la cantidad de sus servicios de ingeniería requeridos por las empresas de construcción en cada trimestre del año? En la siguiente tabla se presentan los datos de ventas de sus servicios y los montos totales de los contratos de construcción de carreteras de los últimos 8 trimestres:

| TRIMESTRE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ventas de servicios de PEC (en miles) | 8 | 10 | 15 | 9 | 12 | 13 | 12 | 16 |
| Contratos firmados (en miles de dólares) | 153 | 172 | 197 | 178 | 185 | 199 | 205 | 226 |

- a) Con estos datos, desarrolle una ecuación de regresión para predecir el nivel de demanda de los servicios de PEC.
b) Determine el coeficiente de correlación y el error estándar de la estimación.

- P_x** : 5.49 Salinas Savings and Loan está orgullosa de su larga tradición en Topeka, Kansas. Iniciada por Teresita Salinas 13 años después de la Segunda Guerra Mundial, S&L ha sorteado con éxito la tendencia a los problemas financieros y de liquidez que han plagado a la industria desde 1985. Con el tiempo, los depósitos se han incrementado paulatinamente pero con seguridad, sin importar las recesiones de 1960, 1983, 1988, 1991 y 2001. La señora Salinas piensa que es necesario contar con un plan estratégico de largo plazo para su empresa, incluido el pronóstico para los depósitos a un año y de preferencia a 5 años. Examina los datos de los depósitos pasados y también estudia el producto estatal bruto (PEB) de Kansas, durante los mismos 44 años. (El PEB es análogo al producto nacional bruto, PNB, pero a nivel estatal.) Los datos resultantes se dan en la siguiente tabla:

| AÑO | DEPÓSITOS ^a | PEB ^b | AÑO | DEPÓSITOS ^a | PEB ^b | AÑO | DEPÓSITOS ^a | PEB ^b |
|------|------------------------|------------------|------|------------------------|------------------|------|------------------------|------------------|
| 1959 | .25 | .4 | 1974 | 2.3 | 1.6 | 1989 | 24.1 | 3.9 |
| 1960 | .24 | .4 | 1975 | 2.8 | 1.5 | 1990 | 25.6 | 3.8 |
| 1961 | .24 | .5 | 1976 | 2.8 | 1.6 | 1991 | 30.3 | 3.8 |
| 1962 | .26 | .7 | 1977 | 2.7 | 1.7 | 1992 | 36.0 | 3.7 |
| 1963 | .25 | .9 | 1978 | 3.9 | 1.9 | 1993 | 31.1 | 4.1 |
| 1964 | .30 | 1.0 | 1979 | 4.9 | 1.9 | 1994 | 31.7 | 4.1 |
| 1965 | .31 | 1.4 | 1980 | 5.3 | 2.3 | 1995 | 38.5 | 4.0 |
| 1966 | .32 | 1.7 | 1981 | 6.2 | 2.5 | 1996 | 47.9 | 4.5 |
| 1967 | .24 | 1.3 | 1982 | 4.1 | 2.8 | 1997 | 49.1 | 4.6 |
| 1968 | .26 | 1.2 | 1983 | 4.5 | 2.9 | 1998 | 55.8 | 4.5 |
| 1969 | .25 | 1.1 | 1984 | 6.1 | 3.4 | 1999 | 70.1 | 4.6 |
| 1970 | .33 | .9 | 1985 | 7.7 | 3.8 | 2000 | 70.9 | 4.6 |
| 1971 | .50 | 1.2 | 1986 | 10.1 | 4.1 | 2001 | 79.1 | 4.7 |
| 1972 | .95 | 1.2 | 1987 | 15.2 | 4.0 | 2002 | 94.0 | 5.0 |
| 1973 | 1.70 | 1.2 | 1988 | 18.1 | 4.0 | | | |

^aEn millones de dólares.

^bEn miles de millones de dólares.

- a) Primero utilice suavizamiento exponencial con $\alpha = .6$, después análisis de tendencia y por último regresión lineal y analice cuál modelo de pronóstico es mejor para el plan estratégico de Salinas. Justifique la elección de un modelo sobre el otro.
b) Examine cuidadosamente los datos. ¿Podría usted excluir parte de la información? ¿Por qué? ¿Cambiaría con ello su elección del modelo?



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página en Internet en www.pearsoneducacion.net/heizer para los problemas de tarea adicionales 4.50 al 4.62.

CASOS DE ESTUDIO

SOUTHWESTERN UNIVERSITY: (B)*

Southwestern University (SWU) es una universidad estatal ubicada en Stephenville, Texas, que tiene casi 20,000 estudiantes. La escuela tiene un peso dominante en el ambiente social de esta pequeña ciudad, ya que durante el otoño y la primavera hay más estudiantes que gente del lugar.

Reconocida desde hace mucho como una potencia futbolística, SWU casi siempre califica entre las 20 mejores en fútbol colegial. Desde que contrató al legendario Bo Pitterno como entrenador en jefe en 1997 (con la esperanza de alcanzar el anhelado número 1) se incrementó la asistencia los cinco sábados de juegos en casa. Antes de la llegada de Pitterno, generalmente la asistencia promedio era de 25 a 29 mil personas por juego. Pero con solo el anuncio de su llegada, la venta de boletos para la temporada aumentó en más de 10,000. ¡Stephenville y SWU estaban listos para ir por la grande!

El problema inmediato a que se enfrentaba la SWU no era, sin embargo, su posición en la liga colegial, sino la capacidad de su estadio. Construido en 1953, tenía un aforo para 54,000 seguidores. La siguiente tabla indica la asistencia a cada juego durante los últimos 6 años.

Una de las demandas de Pitterno desde que se integró a la SWU, ha sido la ampliación, o incluso la construcción de un nuevo estadio. Con el

incremento de la asistencia, los administradores de SWU comenzaron a ver la forma de solucionar el problema. Para Pitterno, los dormitorios individuales de sus atletas debían ser parte de cualquier ampliación.

El rector de SWU, doctor Joel Wisner, decidió que era tiempo de que su vicepresidente de desarrollo, pronosticara cuándo sería insuficiente el estadio actual. En su mente la ampliación era un hecho, pero Wisner necesitaba saber cuánto tiempo podía esperar. Asimismo buscó una proyección de los ingresos, suponiendo un precio promedio por boleto de 20 dólares en 2004 y un aumento anual de 5%.

Preguntas para analizar

1. Desarrolle un modelo de pronóstico justificando su selección sobre cualquier otra técnica y proyecte la asistencia hasta 2005.
2. ¿Qué ingresos deben esperarse en 2004 y 2005?
3. Analice las opciones de la escuela.

*Este caso integrado se analiza a lo largo del libro. Otros aspectos a que se enfrenta Southwestern University con la ampliación del estadio incluyen: A) administración del proyecto del estadio; C) calidad de las instalaciones; D) planeación del inventario para la programación de fútbol; E) programación de oficiales/personal de seguridad del campus durante los días de juego.

Asistencia a los juegos de fútbol en Southwestern University, 1998-2003

| JUEGO | 1998 | | 1999 | | 2000 | |
|----------------|------------|----------|------------|------------|------------|------------|
| | ASISTENCIA | OPONENTE | ASISTENCIA | OPONENTE | ASISTENCIA | OPONENTE |
| 1 | 34,200 | Baylor | 36,100 | Oklahoma | 35,900 | TCU |
| 2 ^a | 39,800 | Texas | 40,200 | Nebraska | 46,500 | Texas Tech |
| 3 | 38,200 | LSU | 39,100 | UCLA | 43,100 | Alaska |
| 4 ^b | 26,900 | Arkansas | 25,300 | Nevada | 27,900 | Arizona |
| 5 | 35,100 | USC | 36,200 | Ohio State | 39,200 | Rice |

| JUEGO | 2001 | | 2002 | | 2003 | |
|----------------|------------|----------|------------|-------------|------------|------------------|
| | ASISTENCIA | OPONENTE | ASISTENCIA | OPONENTE | ASISTENCIA | OPONENTE |
| 1 | 41,900 | Arkansas | 42,500 | Indiana | 46,900 | LSU |
| 2 ^a | 46,100 | Missouri | 48,200 | North Texas | 50,100 | Texas |
| 3 | 43,900 | Florida | 44,200 | Texas A&M | 45,900 | Prairie View A&M |
| 4 ^b | 30,100 | Miami | 33,900 | Southern | 36,300 | Montana |
| 5 | 40,500 | Duke | 47,800 | Oklahoma | 49,900 | Arizona State |

^aJuegos en casa.

^bDurante la cuarta semana de cada temporada, Stephenville organiza un gigantesco festival de artesanías populares. Este evento atrae a decenas de miles de turistas al pueblo, en especial los fines de semana, y tiene un evidente efecto negativo en la asistencia a los juegos.

CASOS DE ESTUDIO

ANALOG CELL PHONE, INC.

Paul Jordan acaba de ser contratado por Analog Cell Phone, Inc. como analista de administración. Analog Cell fabrica una amplia línea de telé-

fonos para el mercado de consumo. El jefe de Paul, John Smithers, gerente de operaciones, pidió a Paul que pasara por su oficina cierta mañana. Después de saludarse cordialmente y tomar una taza de café, John

(continúa)

menciona que tiene un encargo especial para Paul. “Siempre nos hemos conformado con un cálculo conservador del número de teléfonos que debemos producir cada mes. Usualmente sólo vemos cuántos vendimos en el mes y planeamos producir más o menos la misma cantidad. Algunas veces funciona, pero en la mayoría de los meses, o bien tenemos demasiados teléfonos en inventario o nos quedamos sin existencias. Ninguna de estas situaciones es buena.”

Continúa Smithers dándole a Paul la tabla que se muestra aquí. Éstos son los pedidos reales que entraron durante los últimos 36 meses. Cada caja tiene 144 teléfonos. Como hace poco te graduaste de Alaska University, pensé que tal vez conozcas algunas técnicas que nos ayuden a planear mejor. Ya tiene rato que salí de la universidad, creo haber olvidado casi todos los detalles que aprendí entonces. Quiero que analices estos datos y me des una idea de la situación de nuestro negocio dentro de 6 a 12 meses. ¿Crees que puedes resolverlo?”

“Por supuesto”, respondió Paul sonando más seguro de lo que en realidad estaba. “¿Cuánto tiempo tengo?”

“Necesito tu informe el lunes antes del Día de Gracias, eso es el 20 de noviembre. Planeo llevármelo a casa y leerlo durante las fiestas. Como me imagino que no estarás aquí esos días, asegúrate de explicar bien las cosas para que pueda entender tus recomendaciones sin necesidad de hacerte más preguntas. Como eres nuevo en la compañía, debes saber que me gusta que mis subalternos me proporcionen todos los detalles y la justificación completa de sus recomendaciones.”

Después de este diálogo Paul se retiró y una vez en su oficina comenzó su análisis.

Pedidos recibidos por mes

| MES | CAJAS 2000 | CAJAS 2001 | CAJAS 2002 |
|------------|---------------|---------------|---------------|
| Enero | 480 | 575 | 608 |
| Febrero | 436 | 527 | 597 |
| Marzo | 482 | 540 | 612 |
| Abril | 448 | 502 | 603 |
| Mayo | 458 | 508 | 628 |
| Junio | 489 | 573 | 605 |
| Julio | 498 | 508 | 627 |
| Agosto | 430 | 498 | 578 |
| Septiembre | 444 | 485 | 585 |
| Octubre | 496 | 526 | 581 |
| Noviembre | 487 | 552 | 632 |
| Diciembre | 525 | 587 | 656 |

Pregunta para analizar

1. Prepare el reporte de Paul Jordan para John Smithers. Elabore un resumen del panorama de la industria de los teléfonos celulares (empleando recursos impresos o Internet) como parte de la respuesta de Paul.

Fuente: Profesor Victor E. Sower, Sam Houston State University.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Pronósticos en Hard Rock Cafe

Con el crecimiento de Hard Rock Cafe —de un bar en Londres en 1971 a más de 110 restaurantes en 40 países hoy— se dio también una demanda de mejores pronósticos en toda la corporación. Hard Rock obtiene pronósticos a largo plazo para establecer un plan de capacidad y pronósticos a mediano plazo para cerrar los contratos con proveedores de piel (usada en chamarras) y de artículos alimenticios, como carne de res, pollo y cerdo. Sus pronósticos de ventas a corto plazo se realizan cada mes, por café, y después se agregan para tener un panorama general en las oficinas centrales.

La parte más importante del sistema de pronósticos de ventas es el sistema de punto de venta (POS, point of sale), el cual, de hecho, captura datos de las transacciones sobre casi cualquier persona que cruza la puerta del café. La venta de cada elemento representa un cliente; los datos de ventas de los elementos se transmiten todos los días a la base de datos de las oficinas corporativas en Orlando. Donde el equipo financiero encabezado por Todd Lindsey, comienza el proceso de pronósticos. Lindsey pronostica la cuenta mensual de clientes, ventas al menudeo, ventas de banquetes y ventas de conciertos (si proceden) para cada café. Los gerentes generales de cada café se enlazan a la misma base de datos para preparar el pronóstico diario de su establecimiento. Un gerente obtiene información de las ventas de ese día el año anterior, agregando los datos locales de la cámara de comercio o la oficina de turismo sobre eventos próximos, como convenciones importantes, eventos deportivos o conciertos por efectuarse en la ciudad donde se localiza el café. El pronóstico diario de ventas se desglosa por hora, lo cual sirve de guía para la programación del personal. Un pronóstico de ventas por hora de 5,500 dólares de ventas se traduce en 19 estaciones de trabajo, que se desglosan aún más en un número específico de personal de recepción, anfitriones, encargados del bar y personal de cocina. Se dispone de paquetes de programación computarizada que asignan a las personas a su lugar de trabajo. Las variaciones entre los pronósticos y las ventas reales se examinan después para observar por qué ocurrieron los errores.

Hard Rock no se limita a usar las herramientas de pronósticos de ventas. Para evaluar a los gerentes y establecer los bonos, aplica a las ventas de cada café un promedio móvil ponderado de 3 años. Cuando los gerentes superan sus metas, se calcula un bono. Tom Lindsey, en las oficinas corporativas, aplica ponderaciones de 40% a las ventas del año más reciente, 40% al año anterior y 20% a las ventas de dos años antes para llegar a su promedio móvil.

Una aplicación aún más sofisticada de la estadística se encuentra en la planeación del menú de Hard Rock. Mediante el uso de regresión múltiple, los gerentes calculan el efecto sobre la demanda de otros artículos del menú cuando se cambia el precio de uno de ellos. Por ejemplo, si el precio de la hamburguesa con queso aumenta de \$6.99 a 7.99, Hard Rock predice el efecto que esto tendrá en las ventas de los sándwiches de pollo y puerco y en las ensaladas. Los administradores realizan el mismo análisis con la colocación del menú, donde la sección central genera mayores volúmenes de ventas. Cuando un artículo como una hamburguesa se mueve del área central a una de las cubiertas laterales, se determina el efecto correspondiente en artículos relacionados, como las papas fritas.

Preguntas para analizar

1. Describa tres aplicaciones diferentes del pronóstico en Hard Rock. Mencione otras tres áreas en las que considere que Hard Rock podría emplear modelos de pronóstico.
2. ¿Qué papel desempeña el sistema POS en los pronósticos de Hard Rock?
3. Justifique el uso del sistema de ponderación que emplea Hard Rock para evaluar a sus gerentes y emitir los bonos anuales.
4. Señale algunas variables que no se hayan mencionado en el caso y que pudieran utilizarse como elementos de predicción de las ventas diarias en cada café.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Bev Amer (Northern Arizona University).

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos para estudio en Internet: Visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para estos casos de estudio gratuitos:

- **Akron Zoological Park:** Maneja el pronóstico de la asistencia al zoológico de Akron.
- **Human Resources, Inc.:** Requiere el desarrollo del modelo de pronósticos más adecuado para una pequeña compañía dedicada a seminarios en administración.
- **North-South Airline:** Refleja la fusión de dos aerolíneas y analiza sus costos de mantenimiento.

Harvard ha seleccionado estos casos de Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Merchandising at Nine West Retail Stores (# 698-098):** Esta gran cadena de tiendas de zapatos al menudeo se enfrenta a una decisión de comercialización.
- **New Technologies, New Markets: The Launch of Hong Kong Telecom's Video-on-Demand (# HKU-011):** Pide a los estudiantes que examinen el pronóstico que existe sobre una nueva tecnología.
- **Sport Obermeyer Ltd. (# 695-022):** Esta compañía de productos para esquiar tiene artículos con ciclos de vida cortos con una demanda incierta y una cadena de suministro globalmente dispersa.
- **L.L. Bean, Inc. (# 893-003):** L.L. Bean debe pronosticar y administrar los miles de artículos en inventario que vende a través de su catálogo.

BIBLIOGRAFÍA

- Diebold, F. X. *Elements of Forecasting*, 2a. ed. Cincinnati: Southwestern College Publishing, 2001.
- Georgoff, D. M. y R. G. Murdick. "Manager's Guide to Forecasting". *Harvard Business Review* 64 (enero-febrero de 1986): 110-120.
- Granger, C. W. y J. M. Hashem Pesaran. "Economic and Statistical Measures of Forecast Accuracy". *Journal of Forecasting* 19, núm. 7 (diciembre de 2000): 537-560.
- Haksever, C., B. Render y R. Russell. *Service Management and Operations*, 2a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Hanke, J. E., A. G. Reitsch y D. W. Wichern. *Business Forecasting*, 7a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.
- Heizer, Jay. "Forecasting with Stagger Charts". *IIE Solutions* 34 (junio de 2002): 46-49.
- Herbig, P., J. Milewicz y J. E. Golden. "Forecasting: Who, What, When and How". *The Journal of Business Forecasting* 12, núm. 2 (verano de 1993): 16-22.
- Li, X. "An Intelligent Business Forecaster for Strategic Business Planning". *Journal of Forecasting* 18, núm. 3 (mayo de 1999): 181-205.
- Meade, Nigel. "Evidence for the Selection of Forecasting Models". *Journal of Forecasting* 19, núm. 6 (noviembre de 2000): 515-535.
- Render, B., R. M. Stair y M. Hanna. *Quantitative Analysis for Management*, 8a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- Render, B., R. M. Stair y R. Balakrishnan. *Managerial Decision Making with Spreadsheets*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- Snyder, Ralph D. y Roland G. Shami. "Exponential Smoothing of Seasonal Data". *Journal of Forecasting* 20, núm. 3 (abril de 2001): 197-202.
- Yurkiewicz, J. "Forecasting 2000". *OR/MS Today* 27, núm. 1 (febrero de 2000): 58-65.

RECURSOS DE INTERNET

American Statistical Association: www.amstat.org
 Institute of Business Forecasting: www.ibforecast.com
 International Institute of Forecasters:
forecasting.cwru.edu/Institute/Index.html

Journal of Time Series Analysis: www.blackwellpublishers.co.uk
 Royal Statistical Society: www.rss.org

Estrategia de distribución física

Descripción del capítulo

**PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:
McDONALD'S BUSCA UNA VENTAJA
COMPETITIVA CON LA NUEVA
DISTRIBUCIÓN DE SU COCINA DE ALTA
TECNOLOGÍA**

**LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LAS
DECISIONES DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA**

TIPOS DE DISTRIBUCIONES

DISTRIBUCIÓN DE POSICIÓN FIJA

DISTRIBUCIÓN ORIENTADA AL PROCESO

Software para distribuciones orientadas al proceso

Células de trabajo

Centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada

DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS OFICINAS

DISTRIBUCIÓN FÍSICA EN TIENDAS

Entorno de servicio (*servicescapes*)

**DISTRIBUCIONES PARA ALMACENES
Y ALMACENAMIENTO**

Almacenamiento cruzado

Almacenamiento aleatorio

Personalización

**DISTRIBUCIÓN REPETITIVA
Y ORIENTADA AL PRODUCTO**

BALANCEO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLE

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

USO DE EXCEL OM PARA LOS CÁLCULOS DE LA DISTRIBUCIÓN

USO DE POM PARA WINDOWS EN EL DISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASO DE ESTUDIO: RENOVACIÓN DE LA LICENCIA DE MANEJO DEL ESTADO

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES EN WHEELED COACH

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Distribución de posición fija

Distribución orientada al proceso

Células de trabajo

Centro de trabajo enfocado

Distribución de las oficinas

Distribución para la venta al menudeo

Distribución para almacenes

Distribución orientada al producto

Línea de ensamble

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Cómo lograr una buena distribución para la instalación del proceso

Cómo balancear el flujo de producción en una instalación repetitiva u orientada al producto

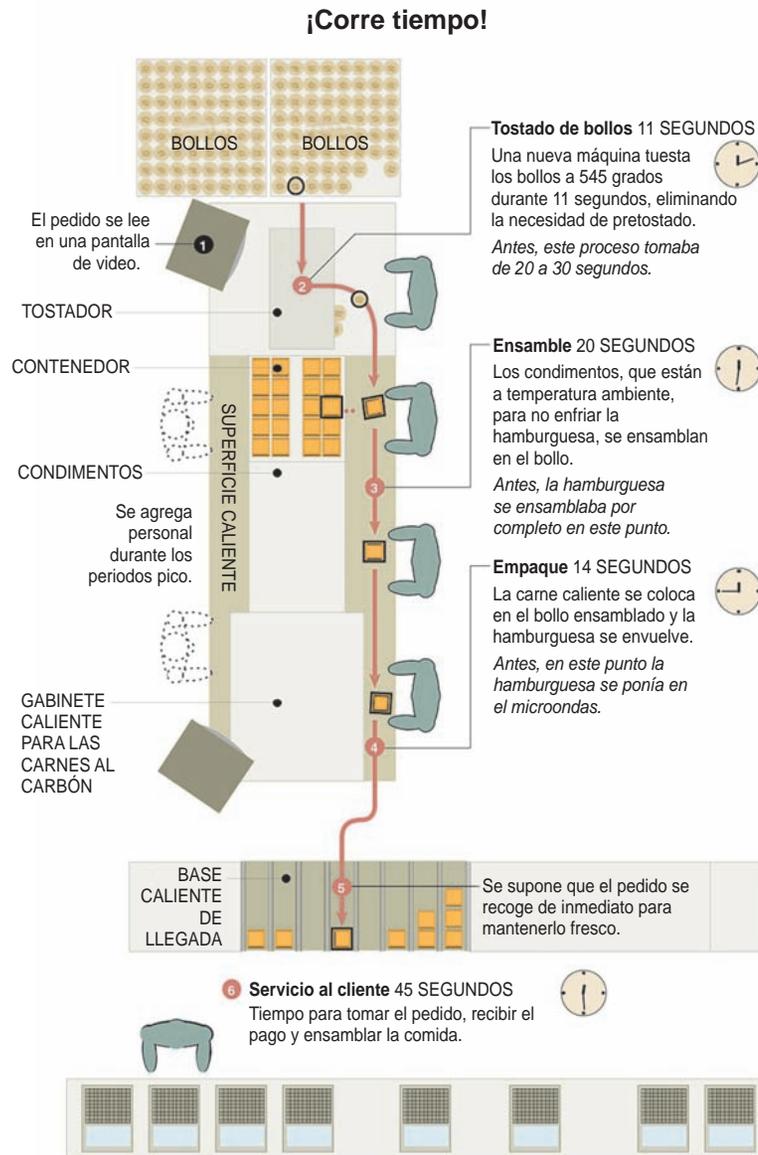
PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

McDonald's busca una ventaja competitiva con la nueva distribución de su cocina de alta tecnología

En medio siglo de existencia, McDonald's revolucionó la industria restaurantera al inventar el restaurante de comida rápida con menú limitado. Asimismo, ha realizado otras cinco innovaciones importantes. La primera, colocar sillas y mesas en el interior (década de los 50), fue una cuestión estratégica de distribución de las instalaciones, como lo fue la segunda, las ventanillas para pedidos desde el auto (década de los 70). La tercera, incluir desayunos en el menú (década de los 80), fue una estrategia de producto. La cuarta, instalar áreas de juego (década de los 90), fue también una decisión de distribución.

En 2001, McDonald's completó su quinta innovación importante, y no debe sorprendernos que se trate de una nueva distribución para facilitar el proceso de personalización masiva. En esta ocasión la corporación invirtió en el rediseño radical de las cocinas en sus 13,500 restaurantes de Estados Unidos. Este sistema de cocina recibió el nombre de "hecho para usted", en el que las hamburguesas ahora se ensamblan por pedido y los niveles de producción se controlan por computadora. La nueva distribución busca mejorar el sabor de la comida, asegurando que siempre se elabore al momento, y facilita la introducción de nuevos productos.

Con el nuevo diseño del restaurante, mostrado en la figura, ninguna comida se prepara por anticipado, excepto las croquetas de carne, que se mantienen calientes en un gabinete. Para reducir el tiempo del proceso completo de producción a 45 segundos, se eliminaron algunos pasos y se abreviaron otros. Por ejemplo, la compañía desarrolló un tostador que tuesta los bollos en 11 segundos en lugar del medio minuto que tomaba hacerlo con



Servicio de noticias del N. Y. Times

McDONALD'S



Cocina rediseñada de un McDonald's en Manhattan. La compañía espera aumentar las ventas con esta distribución más eficiente.

el tostador antiguo. Los proveedores de los bollos tuvieron que cambiar la textura del pan, para que pudieran soportar la temperatura adicional. Los trabajadores también se dieron cuenta de que podían ahorrar 2 segundos si los contenedores de condimentos se colocaban de otra manera, para aplicar la mostaza a las hamburguesas con un movimiento en lugar de dos.

¿Qué se obtiene con el cambio de distribución? McDonald's ahorrará 100 millones de dólares por año en el costo de comida, principalmente porque tendrá que tirar sólo carne, y no pan y otros ingredientes, cuando las hamburguesas no se vendan con suficiente rapidez. La compañía confía en que, con la nueva distribución, los nuevos estándares de eficiencia y

clientes más contentos logrará una ventaja competitiva.

Fuentes: Nation's Restaurant News 35, núm. 3 (15 de enero de 2001): 4-5; Nation's Restaurant News 34, núm. 42 (16 de octubre de 2000): 1-2, y Advertising Age 71, núm. 2 (15 de mayo de 2000): 1-2.

**DIEZ DECISIONES
ESTRATÉGICAS DE AO**

Diseño de bienes y servicios
Administración de la calidad
Estrategia de proceso
Estrategias de localización

**Estrategias de
distribución física**

Recursos humanos
Administración de la cadena de suministro
Administración de inventarios
Programación
Mantenimiento

El objetivo de la estrategia de distribución física es desarrollar una distribución efectiva en costos, que cumpla las necesidades de competitividad de la empresa.

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LAS DECISIONES DE LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA

La distribución es una de las decisiones clave para determinar la eficiencia de las operaciones a largo plazo. La distribución tiene numerosas implicaciones estratégicas porque establece las prioridades competitivas de la organización respecto a la capacidad, los procesos, la flexibilidad y el costo, así como la calidad de vida en el trabajo, el contacto con el cliente y la imagen. Una distribución eficiente contribuye a que la organización logre una estrategia que apoye la diferenciación, el bajo costo y la respuesta. Benetton, por ejemplo, sostiene una estrategia de *diferenciación* al invertir grandes cantidades en la distribución física de los almacenes que contribuye a la clasificación rápida y la entrega precisa a sus 5,000 tiendas. La distribución de las tiendas Wal-Mart apoyan su estrategia de *bajo costo*, como lo hacen la distribución física y técnicas de almacenamiento. La distribución de las oficinas de Hallmark, donde muchos profesionales operan en células de trabajo, apoya el *desarrollo rápido* de las tarjetas temáticas. El objetivo de la estrategia de distribución es desarrollar una distribución económica que cumpla con los requerimientos de competitividad de la empresa. Estas empresas lo han logrado.

En todos los casos, el diseño de la distribución física debe considerar la forma de lograr lo siguiente:

1. Mayor utilización de espacio, equipo y personas.
2. Mejorar el flujo de información, materiales y personas.
3. Mejorar el estado de ánimo de los empleados y la seguridad de las condiciones de trabajo.
4. Mejorar la interacción con el cliente.
5. Flexibilidad (cualquiera que sea la distribución física actual, será necesario cambiarla).

Cada vez más es necesario que los diseños de la distribución sean dinámicos. Eso significa considerar equipos pequeños, móviles y flexibles. Los exhibidores de las tiendas necesitan ser móviles, los escritorios y separaciones de oficinas, modulares, y los anaqueles de almacenes, prefabricados. Con el propósito de hacer cambios rápidos y sencillos en los modelos de producto y en las tasas de producción, los administradores de operaciones deben diseñar flexibilidad en la distribución. Para ello, dan capacitación cruzada a sus trabajadores, mantenimiento al equipo, mantienen las inversiones bajas, colocan las estaciones de trabajo cerca unas de otras y emplean equipo pequeño y móvil. En algunos casos, los equipos sobre ruedas son apropiados, previniendo el siguiente cambio en producto, proceso o volumen.

TIPOS DE DISTRIBUCIONES

Las decisiones de distribución incluyen la colocación óptima de máquinas (en entornos de producción), oficinas y escritorios (en entornos de oficina) o centros de servicio (en entornos de hospitales o tiendas departamentales). Una distribución efectiva facilita el flujo de materiales, personas e información dentro de las áreas y entre ellas. Para lograr estos objetivos, se han desarrollado varios enfoques, y en este capítulo analizaremos seis de ellos:

1. *Distribución de posición fija*: estudia los requerimientos de distribución física de proyectos grandes y voluminosos, como barcos y edificios.
2. *Distribución orientada al proceso*: maneja la producción de bajo volumen y alta variedad (“conocida” también como producción por pedido intermitente).
3. *Distribución de oficinas*: coloca a los trabajadores, sus equipos y sus espacios/oficinas de manera que faciliten el movimiento de información.
4. *Distribución de tiendas*: asigna espacio de anaqueles y responde al comportamiento del cliente.
5. *Distribución de almacenes*: estudia los trueques entre espacio y manejo de materiales.
6. *Distribución orientada al producto*: busca la mejor utilización de personal y maquinaria en la producción repetitiva o continua.

La tabla 6.1 menciona ejemplos para cada tipo de problemas de distribución física.

Como sólo algunas de estas seis clases se modelan matemáticamente, la distribución y el diseño de las instalaciones físicas son todavía un arte. Sin embargo, lo que sí sabemos es que una buena distribución física requiere determinar lo siguiente:

1. *Equipo para el manejo de materiales*. Los administradores deben decidir qué equipo se va a usar, incluyendo bandas, grúas, sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados y vehículos automáticos para la entrega y almacenamiento de material.
2. *Requerimientos de capacidad y espacio*. Una vez que se conocen las necesidades de personal, maquinaria y equipo, podemos pasar a la distribución física y proporcionar espacio para cada componente. En el caso del trabajo de oficina, los administradores de operaciones deben evaluar los requerimientos de espacio de cada empleado. Como por ejemplo, un cubículo de 6 × 6 pies más los pasillos de acceso, baños, cafeterías, rampas y elevadores, entre otros, o espaciosas

TABLA 6.1 ■ Estrategias de distribución física

| PROYECTO (POSICIÓN FIJA) | TALLER INTERMITENTE (ORIENTADO AL PROCESO) | OFICINA | TIENDA | ALMACÉN (ALMACENAMIENTO) | REPETITIVO/ CONTINUO (ORIENTADO AL PRODUCTO) |
|---|--|---|--|---|--|
| | EJEMPLOS | | | | |
| Ingall Ship Building Corp. | Hospital Shouldice | Allstate Insurance | Supermercado Kroger's | Almacén de Federal-Mogul | Línea de ensamble de TV Sony |
| Trump Plaza Aeropuerto de Pittsburgh | Cafés Hard Rock | Microsoft Corp. | Walgreens Bloomingdales | Centro de distribución de Gap | Minivans Caravan de Dodge |
| PROBLEMA | | | | | |
| Mover materiales a las áreas de almacenamiento limitadas en el sitio | Manejar flujos variados de material para cada producto | Ubicar cerca a trabajadores que requieren contacto frecuente | Exponer al cliente a los artículos con alta utilidad | Balancear almacenamiento de bajo costo con manejo de material de bajo costo | Igualar el tiempo de las tareas realizadas en cada estación de trabajo |

oficinas para ejecutivos y salas de conferencias. Los administradores también deben considerar los requerimientos de seguridad relacionados con el ruido, el polvo, el humo, la temperatura y el espacio alrededor del equipo y la maquinaria.

3. *Entorno y estética.* Con frecuencia la distribución física requiere tomar decisiones de ventanas, plantas y altura de las divisiones para facilitar el flujo de aire, reducir el ruido y brindar privacidad, entre otras cosas.
4. *Flujos de información.* La comunicación es importante para cualquier compañía y la distribución debe facilitarla. Este aspecto quizás exija decisiones de proximidad, lo mismo que sobre espacios abiertos, divisiones de media altura o bien oficinas privadas.
5. *Costo de moverse entre las diferentes áreas de trabajo.* En ocasiones hay consideraciones específicas relacionadas con el movimiento de materiales o la importancia de que ciertas áreas estén cerca de otras. Por ejemplo, mover acero fundido es más difícil que mover acero frío.

DISTRIBUCIÓN DE POSICIÓN FIJA

Distribución de posición fija

Estudia los requerimientos de distribución para proyectos estacionarios o de gran volumen (como barcos o edificios).

En la **distribución de posición fija**, el proyecto permanece en un lugar y los trabajadores y el equipo llegan a esa área de trabajo. Ejemplos de este tipo de proyecto son un barco, una carretera, un puente, una casa y un pozo petrolero.

Las técnicas para estudiar los problemas de distribución de posición fija no se encuentran en desarrollo y se complican por tres factores. Primero, el espacio es limitado en prácticamente todas partes. Segundo, debido a que en las diferentes etapas del proceso de construcción se necesitan distintos materiales, diferentes artículos se vuelven importantes a medida que el proyecto avanza. Tercero, el volumen de los materiales necesarios es dinámico. Por ejemplo, la tasa de uso de paneles de acero para el casco de un barco cambia al avanzar el proyecto.

El manejo de estos problemas es distinto para cada industria. La industria de la construcción suele tener una “reunión de oficios” para asignar espacios en los distintos periodos. Como se espera, entonces, a menudo la solución es bastante mala, debido a que la discusión suele ser más política que analítica. Por otro lado, los patios de los astilleros cuentan con áreas de carga llamadas “plataformas” adyacentes a los barcos donde un departamento de programación decide la carga.

Dado que es difícil llegar a una buena solución de los problemas de distribución de posición fija en el propio sitio, una estrategia alternativa consiste en completar una parte sustancial del proyecto fuera del lugar. Este enfoque se usa en la industria naviera cuando se ensamblan unidades estándar —como las ménsulas de soporte de la tubería— en una línea de ensamble cercana (instalación orientada al producto). En el afán de hacer más eficiente la construcción de barcos, Ingall Ship Building Corporation se ha inclinado hacia la producción orientada al producto cuando las secciones de un barco (módulos) son similares, o cuando tiene un contrato para construir la misma sección para varios barcos semejantes.¹ De igual forma, otras empresas navieras experimentan con la tecnología de grupos (véase el capítulo 3) para agrupar componentes. Como se observa en la fotografía, muchos constructores de casas están cambiando de

¹“Ingall’s 130 Million Dollar Ship Factory”, *Shipbuilding and Shipping Record* 115, núm. 22 (Londres: Transport and Technical Publications Ltd.): 25-26.



La construcción de una casa con la distribución de posición fija tradicional se haría en el lugar, trasladando hasta ahí el equipo, los trabajadores y los materiales. Sin embargo, las soluciones imaginativas de AO permiten que la casa de la fotografía se construya con un costo mucho menor. La casa se edifica en dos módulos móviles (aquí ya se unieron) en una fábrica, donde el manejo de equipo y materiales es rápido. El posicionamiento previo de andamios y montacargas hace el trabajo más fácil, rápido y barato. El entorno de trabajo en el interior también ayuda a la productividad de la mano de obra, lo que significa que no habrá demoras por mal clima y se elimina el robo nocturno.

la estrategia de distribución de posición fija a una más orientada al producto. Cerca de una tercera parte de las casas nuevas en Estados Unidos se construyen de esta manera.

DISTRIBUCIÓN ORIENTADA AL PROCESO

Distribución orientada al proceso

Una distribución que tiene que ver con la producción de bajo volumen y alta variedad, donde las máquinas y equipo similares se agrupan.

La **distribución orientada al proceso** puede manejar en forma simultánea una amplia variedad de productos o servicios. Representa la forma tradicional de apoyar una estrategia de diferenciación de productos. Es más eficiente cuando se elaboran productos con distintos requerimientos o cuando se manejan pacientes, clientes o consumidores con distintas necesidades. Una distribución orientada al proceso es, en general, la estrategia de bajo volumen y alta variedad analizada en el capítulo 4. En este entorno de taller de producción por pedido, cada producto o cada pequeño grupo de productos pasa una secuencia de operaciones distinta. Un producto o pedido pequeño se fabrica moviéndolo de un departamento a otro en la secuencia que requiere ese producto. Un hospital o clínica son un buen ejemplo de la distribución orientada al proceso. La figura 6.1 ilustra el proceso para dos pacientes, A y B, en una clínica de urgencias en Chicago. Un flujo de entrada de pacientes, cada uno con sus propias necesidades, requiere rutas a través de admisiones, laboratorios, salas de operaciones, radiología, farmacia, camas, etc. El equipo, las habilidades y la supervisión, se organizan en torno a estos procesos.

Una de las grandes ventajas de la distribución orientada al proceso es su flexibilidad para la asignación de equipo y tareas. La descompostura de una máquina, por ejemplo, no necesariamente detiene todo el proceso, ya que el trabajo se transfiere a otras máquinas del departamento. La distribución orientada al proceso es en especial conveniente para manejar la manufactura de partes en **lotes o pedidos de trabajo** pequeños, así como para la producción de una amplia variedad de partes de diferentes tamaños o formas.

Las desventajas de la distribución orientada al proceso provienen de los equipos de uso general. Los pedidos toman más tiempo para moverse en el sistema debido a su difícil programación, las preparaciones por los cambios de producción y el manejo de materiales. Además, el equipo de uso general requiere mano de obra calificada y grandes inventarios de trabajo en proceso debido a la falta de balanceo en el proceso de producción. La mano de obra calificada también aumenta el nivel de capacitación y experiencia; y los altos niveles de inventario en proceso incrementan la inversión de capital.

Lotes o pedidos de trabajo

Grupos o lotes de partes procesados juntos.

Las distribuciones orientadas al proceso son comunes no sólo en la manufactura, sino también en universidades, bancos, talleres de reparación de automóviles, aerolíneas y bibliotecas.

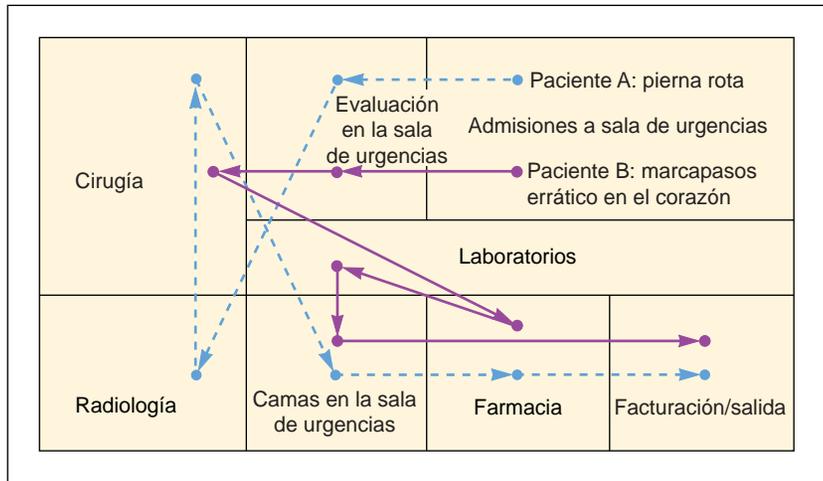


FIGURA 6.1 ■ Distribución del proceso en una sala de urgencias que muestra la ruta que siguen dos pacientes

El paciente A (pierna rota) pasa (flecha punteada) de evaluación en la sala de urgencias a radiología, cirugía, una cama, farmacia y facturación. El paciente B (problema con el marcapasos) se mueve (flecha sólida) de evaluación en la sala de urgencias a cirugía, la farmacia, el laboratorio, una cama, y facturación.

Cuando se diseña la distribución de un proceso, la táctica más común es ubicar los departamentos o centros de trabajo de tal forma que se minimice el costo del manejo de materiales. En otras palabras, los departamentos con grandes flujos de partes o personas entre ellos deben colocarse cerca uno de otro. El costo del manejo de materiales con este enfoque depende de: **1.** el número de cargas (o personas) que deben moverse entre dos departamentos durante un periodo, y **2.** los costos relacionados con la distancia que se mueven las cargas (o personas) entre departamentos. Se supone que el costo es una función de la distancia entre los departamentos. El objetivo se expresa como sigue:

$$\text{Minimizar el costo} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij} \quad (6-1)$$

donde n = número total de centros de trabajo o departamentos
 i, j = departamentos individuales
 X_{ij} = número de cargas movidas del departamento i al j
 C_{ij} = costo de mover una carga del departamento i al j

Las instalaciones orientadas al proceso (y también las distribuciones de posición fija) buscan minimizar los costos de cargas o viajes y el tiempo relacionados con la distancia. El término C_{ij} combina distancia y otros costos en un factor. Por lo tanto, no sólo suponemos que la dificultad de movimiento es la misma, sino también que los costos de tomar y dejar son constantes. Aun cuando estos no siempre son constantes, para simplificar resumimos estos datos (es decir, distancia, dificultad y costos de tomar y dejar) en esta variable única, el costo. La mejor forma de comprender los pasos a seguir en el diseño de la distribución del proceso es ver un ejemplo.

Ejemplo 1

La administración de Walters Company quiere hacer un arreglo de los seis departamentos de su fábrica con el propósito de minimizar los costos del manejo de materiales entre departamentos. Hace una suposición inicial (para simplificar el problema) que cada departamento mide 20×20 pies y que el edificio tiene 60 pies de largo y 40 pies de ancho. El procedimiento que siguen para la distribución del proceso consta de seis pasos:

- Paso 1:** *Elaborar una “matriz desde-hasta” que muestre el flujo de partes o materiales de un departamento a otro (figura 6.2).*
- Paso 2:** *Determinar los requerimientos de espacio para cada departamento. (La figura 6.3 muestra el espacio disponible en la planta).*
- Paso 3:** *Desarrollar un diagrama preliminar que muestre la secuencia de departamentos a través de los cuales deben moverse las partes. Procure que los departamentos con flujo pesado de materiales o partes queden cercanos. (Véase la figura 6.4).*

| Departamento | Número de cargas por semana | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|---------------|--------------|-------------|
| | Ensamble (1) | Pintura (2) | Taller inter. (3) | Recepción (4) | Embarque (5) | Pruebas (6) |
| Ensamble (1) | | 50 | 100 | 0 | 0 | 20 |
| Pintura (2) | | | 30 | 50 | 10 | 0 |
| Taller inter. (3) | | | | 20 | 0 | 100 |
| Recepción (4) | | | | | 50 | 0 |
| Embarque (5) | | | | | | 0 |
| Pruebas (6) | | | | | | |

FIGURA 6.2 ■ Flujo de partes entre departamentos

Los flujos pesados entre 1 y 3, y entre 3 y 6 son evidentes. Por lo tanto, los departamentos 1, 3 y 6 deben estar cerca uno de otro.

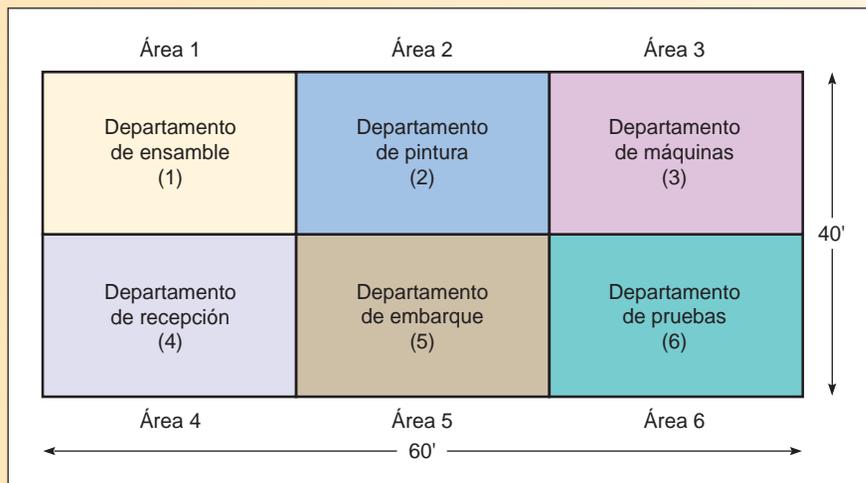


FIGURA 6.3 ■ Dimensiones de construcción y una distribución de departamentos posible

Paso 4: Determinar el costo de esta distribución usando la ecuación del costo de manejo de materiales:

$$\text{Costo} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} C_{ij}$$

Para este problema, Walters Company supone que un montacargas lleva todas las cargas entre departamentos. El costo de mover una carga entre departamentos adyacentes se ha estimado en \$1. Mover una carga entre departamentos no adyacentes cuesta \$2. En la figura 9.2 observamos que el costo del manejo de materiales entre los departamentos 1 y 2 es \$50 (\$1 × 50 cargas), \$200 entre los departamentos 1 y 3 (\$2 × 100 cargas), \$40 entre los departamentos 1 y 6 (\$2 × 20 cargas), etcétera. Las áreas que están en diagonal, como 2 y 4, se consideran adyacentes. El costo total para la distribución de la figura 6.4 es:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \$50 + \$200 + \$40 + \$30 + \$50 \\ &\quad (1 \text{ y } 2) \quad (1 \text{ y } 3) \quad (1 \text{ y } 6) \quad (2 \text{ y } 3) \quad (2 \text{ y } 4) \\ &\quad + \$10 + \$40 + \$100 + \$50 \\ &\quad (2 \text{ y } 5) \quad (3 \text{ y } 4) \quad (3 \text{ y } 6) \quad (4 \text{ y } 5) \\ &= \$570 \end{aligned}$$

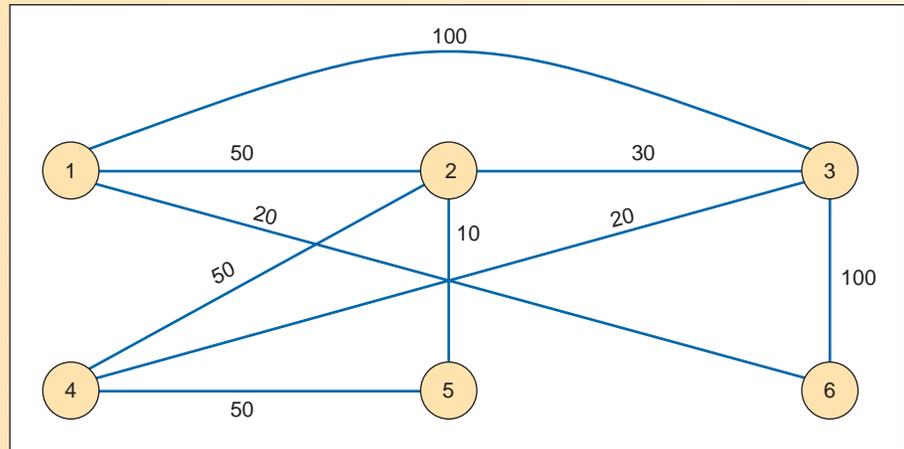


FIGURA 6.4 ■ Diagrama de flujo entre departamentos que muestra el número de cargas semanales

Paso 5: Por prueba y error (o con otro programa de cómputo más complejo que se presentará en breve) *intente mejorar la distribución* que se muestra en la figura 6.3, para establecer un arreglo de departamentos razonablemente bueno.

Si observamos el diagrama de flujo (figura 6.4) y los cálculos del costo, parece conveniente colocar los departamentos 1 y 3 más cercanos. Por ahora no son adyacentes y el alto volumen de flujo entre ellos genera un gasto por manejo alto. Observando de nuevo la situación, necesitamos revisar el efecto de cambiar los departamentos y tal vez aumentar los costos globales.

Una posibilidad es intercambiar los departamentos 1 y 2. Este cambio produce un segundo diagrama de flujo entre departamentos (figura 6.5), que muestra una reducción de costo a \$480, un ahorro en manejo de materiales de \$90.

$$\begin{aligned}
 \text{Costo} &= \$50 + \$100 + \$20 + \$60 + \$50 \\
 &\quad (1 \text{ y } 2) \quad (1 \text{ y } 3) \quad (1 \text{ y } 6) \quad (2 \text{ y } 3) \quad (2 \text{ y } 4) \\
 &\quad + \$10 + \$40 + \$100 + \$50 \\
 &\quad (2 \text{ y } 5) \quad (3 \text{ y } 4) \quad (3 \text{ y } 6) \quad (4 \text{ y } 5) \\
 &= \$480
 \end{aligned}$$

Este cambio, por supuesto, es sólo uno del gran número de cambios posibles. De hecho, para un problema con seis departamentos hay 720 arreglos posibles (o $6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$). En los problemas de distribución, raras veces se encuentra la solución óptima y estaremos satisfechos con una “razonable” lograda después de varios intentos. Supongamos que Walters Company está satisfecha con la cifra de \$480 y el diagrama de flujo de la figura 6.5. Pero el problema tal vez aún no esté resuelto. Con frecuencia es necesario un sexto paso:

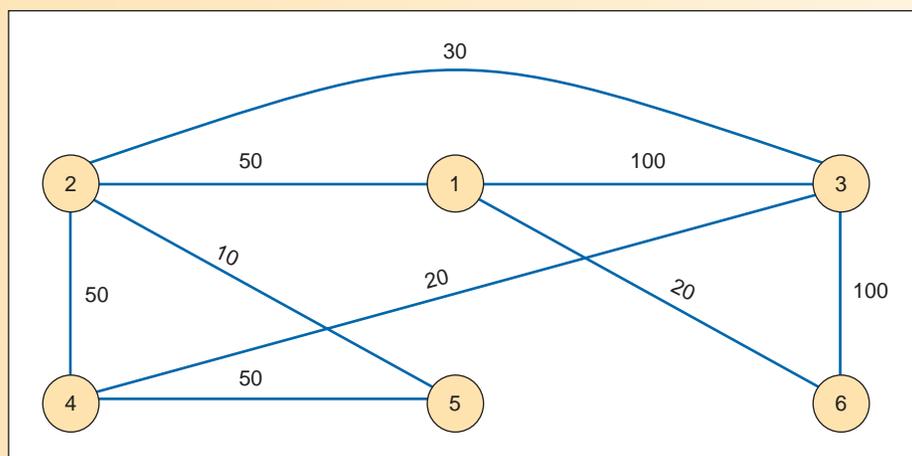


FIGURA 6.5 ■ Segundo diagrama de flujo entre departamentos

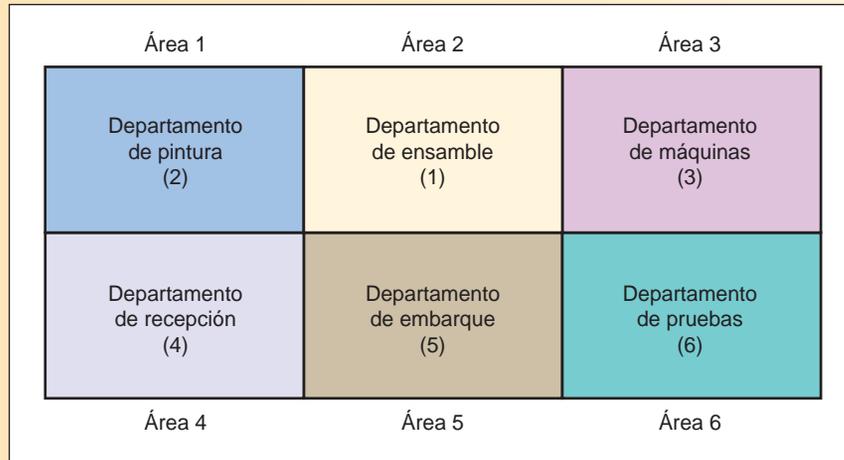


FIGURA 6.6 ■ Una distribución factible para Walters Company

Paso 6: Preparar un plan detallado colocando los departamentos de manera que se ajusten a la forma del edificio y sus áreas fijas (como el muelle de carga y descarga, baños y escaleras). Con frecuencia este paso implica asegurar que el plan final se adapta a factores como el sistema de electricidad, cargas de piso y estética, entre otros.

En el caso de Walters Company, los requerimientos de espacio constituyen un problema sencillo (véase la figura 6.6).

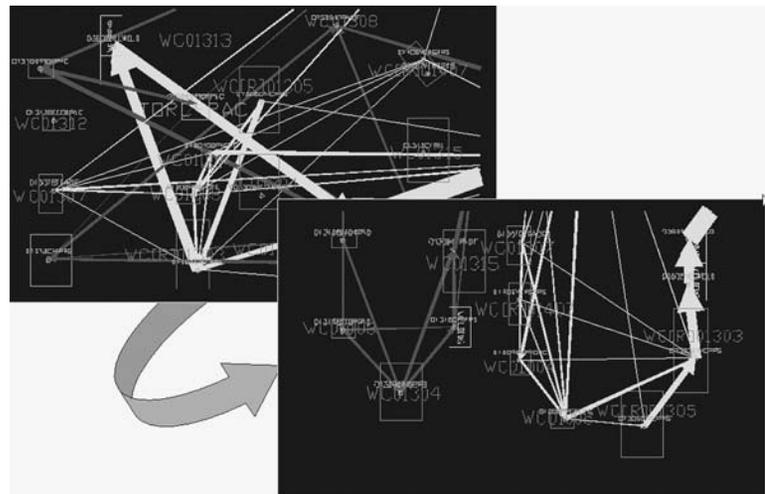
Software para distribuciones orientadas al proceso

El enfoque gráfico del ejemplo 1 funciona bien para problemas pequeños. Sin embargo, no es suficiente para problemas más grandes. Cuando un problema de distribución de planta involucra 20 departamentos, son posibles más de 600 billones de configuraciones. Por fortuna, existen programas de cómputo que permiten manejar distribuciones de hasta 40 departamentos. El más conocido es el **CRAFT** (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*), programa que proporciona soluciones “buenas” pero no siempre “óptimas”. CRAFT es una técnica de búsqueda que realiza un examen sistemático de los arreglos alternativos de departamentos para reducir el costo total del “manejo” (figura 6.7). CRAFT tiene la ventaja adicional de examinar, además de la carga y la distancia, un tercer factor: un índice de dificultad.²

Otros paquetes conocidos para la distribución del proceso incluyen ALDEP (*Automated Layout Design Program*), CORELAP (*Computerized Relationship Layout Planning*) y Factory Flow.³ Este último se ilustra en la fotografía y se emplea para optimizar distribuciones de planta con base en las distancias del flujo de materiales, la frecuencia y los costos. Usa dibujos de AutoCAD para la distribución del pro-

CRAFT

Programa de cómputo que realiza un examen sistemático de los arreglos departamentales alternativos, con la finalidad de reducir el costo total del manejo de materiales.



El software, como Factory Flow, un producto de E-factory de EDS, sirve para analizar relaciones complejas entre rutas, equipo de manejo de materiales y volúmenes de producción. Permite evaluar alternativas como cambiar de una distribución orientada al proceso tradicional a dos células de trabajo (mostradas a la derecha), con sólo mover el equipo con el ratón y calcular de nuevo los resultados.

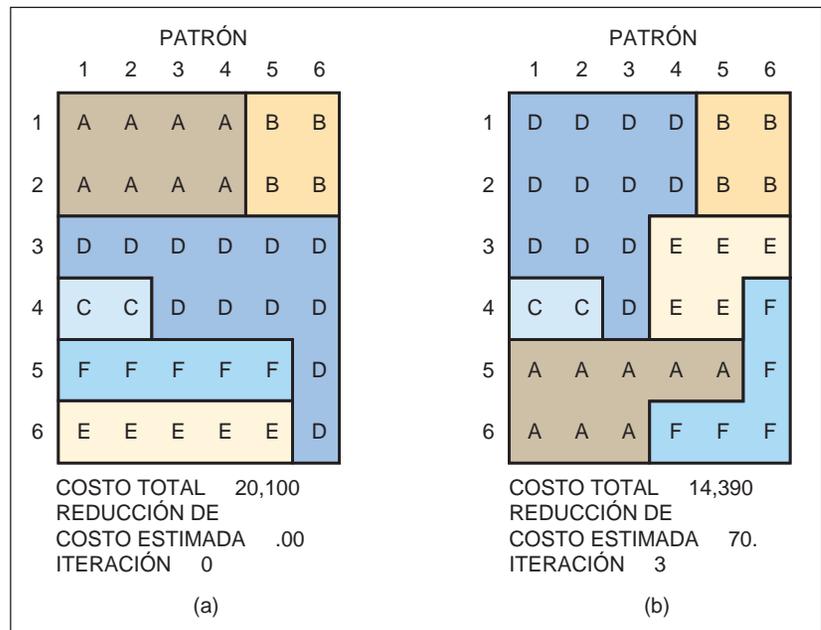
²Y. A. Bozer, R. R. Meller y S. J. Erlebacher, “An Improvement-Type Layout Algorithm for Single and Multiple Floor Facilities”, *Management Science* 40, núm. 7 (1994): 918-933.

³David P. Sly, “Layout Design and Analysis Software”, *IIE Solutions* 28, núm. 7 (julio de 1990): 18-25.

FIGURA 6.7 ■ En este ejemplo con seis departamentos, de la atención a pacientes externos de un hospital, CRAFT reacomodó la distribución inicial a) con un costo de \$20,100, en una nueva distribución b) con un costo más bajo de \$14,390. Para lograrlo, CRAFT hace pruebas sistemáticas de pares de departamentos para ver si acercarlos baja el costo.

Leyenda:

- A = rayos X/MRI
- B = laboratorios
- C = admisiones
- D = áreas de exploración
- E = salas de cirugía
- F = salas de recuperación



ceso de fabricación, datos de rutas de partes y costos, tiempos y rapidez de los sistemas de manejo de materiales. En un análisis realizado para una planta de ensamble de consolas, Factory Flow pudo reducir los costos de manejo de materiales de \$900,000 a \$800,000 y disminuir la longitud de las bandas transportadoras de 3,600 pies a sólo 700 pies.⁴

Células de trabajo

Los arreglos en células de trabajo se usan cuando el volumen justifica un arreglo especial de maquinaria y equipo. En un entorno de manufactura, la tecnología de grupos identifica productos con características similares y permite que se procesen en una célula de trabajo no sólo un lote específico (por ejemplo, varias unidades del mismo producto), sino una familia de lotes. Se piensa en las *células de trabajo* como un caso especial de una distribución orientada al proceso. La idea de las células de trabajo fue presentada inicialmente por R. E. Flanders en 1925,⁵ sin embargo, fue el creciente uso de la tecnología de grupos (capítulo 3) el que confirmó su utilidad.

La idea de la **célula de trabajo** es reorganizar personas y máquinas que suelen estar dispersas en varios departamentos del proceso, y formar un pequeño grupo temporal que se enfoque en hacer un solo producto o un grupo de productos relacionados (figura 6.8). Entonces, la célula de trabajo se construye en torno al producto. Motorola, por ejemplo, forma células de trabajo para construir y probar sistemas de control de motores para los tractores de John Deere. Estas células de trabajo se reconfiguran cuando cambia el diseño de producto o el volumen. Las ventajas de las células de trabajo son

1. *Reducción del inventario en proceso* porque la célula de trabajo se establece para proporcionar un flujo equilibrado de máquina a máquina.
2. *Reducción de espacio en la planta* porque se necesita menos espacio entre las máquinas para el inventario en proceso.
3. *Menores inventarios de materia prima y bienes terminados* porque con menos trabajo en proceso se agiliza el movimiento de materiales por la célula de trabajo.
4. *Reducción del costo de mano de obra directa* debido a una mejor comunicación entre empleados, mejor flujo de materiales y una programación adecuada.
5. *Mayor sentido de participación del empleado* en la organización y el producto, ya que los empleados aceptan la responsabilidad adicional de la calidad del producto que se asocia en forma directa con ellos y su célula de trabajo.
6. *Mayor uso de equipo y maquinaria* debido a una mejor programación y el flujo de materiales más rápido.
7. *Menor inversión en equipo y maquinaria* porque una buena utilización de las instalaciones disminuye el número de máquinas y la cantidad de equipo y herramientas.

⁴“Factory Planning Software”, *Industrial Engineering* (diciembre de 1993): SS3.

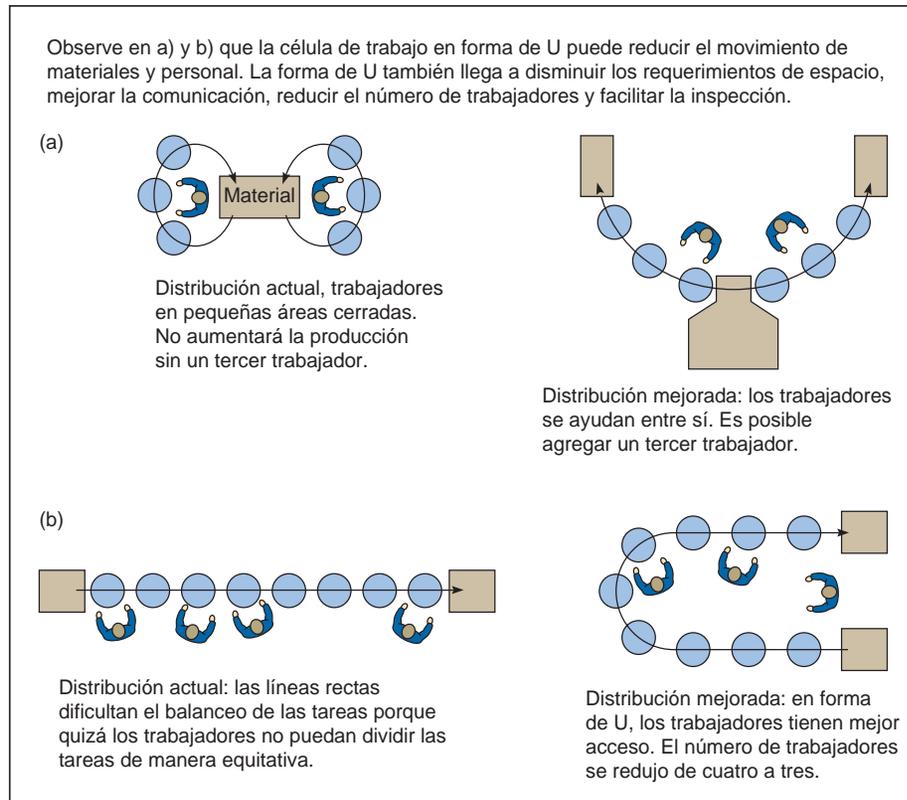
⁵R. E. Flanders, “Design Manufacture and Production Control of a Standard Machine”, *Transactions of ASME* 46 (1925).

Célula de trabajo

Arreglo temporal de maquinaria y personal orientado al producto dentro de una instalación en general orientada al proceso.

FIGURA 6.8 ■

Mejoramiento de distribuciones físicas cambiando al concepto de células de trabajo



Los requerimientos de la producción en células incluyen:

1. Identificación de familias de productos, a menudo utilizando códigos de tecnología de grupos o equivalentes.
2. Alto nivel de capacitación y flexibilidad por parte de los empleados.
3. Personal de apoyo o empleados imaginativos y flexibles para establecer las células de trabajo iniciales.
4. Pruebas poka-yoke en cada estación de la célula.

Las células de trabajo y las líneas de ensamblaje a veces se organizan en forma de U. Las instalaciones en forma de U, como se muestra en la figura 6.8, tienen por lo menos cinco ventajas comparadas con las líneas rectas: **1.** como las tareas pueden agruparse, la inspección a menudo es inmediata; **2.** se necesitan menos trabajadores; **3.** los trabajadores pueden abarcar más área de trabajo; **4.** el área de trabajo puede balancearse en forma más eficiente, y **5.** mejora la comunicación.

Alrededor de 40% de las plantas con menos de 100 trabajadores en Estados Unidos usan algún tipo de sistema de células, mientras 74% de las plantas grandes investigadas habían adoptado métodos de producción celular. Bayside Controls en Queens, Nueva York, por ejemplo, logró en la década pasada incrementar sus ventas de \$300,000 anuales a 11 millones.⁶ Gran parte de esta ganancia se debió a la implementación de la manufactura celular. Como se señala en el recuadro *AO en acción*, Rowe Furniture ha tenido un éxito semejante con las células de trabajo.

Centro de trabajo enfocado

Arreglo permanente o semipermanente de máquinas y personal orientado al producto.

Fábrica enfocada

Instalaciones diseñadas para fabricar productos o componentes similares.

Centro de trabajo enfocado y la fábrica enfocada

Cuando una empresa ha *identificado una familia grande de productos similares que tienen una demanda grande y estable*, debería organizar un centro de trabajo enfocado. Un **centro de trabajo enfocado** cambia la producción de una instalación de propósito general orientada al proceso, a una célula de trabajo grande que sigue siendo parte de la planta existente. Si el centro de trabajo enfocado se encuentra en una instalación separada, a menudo se le llama **fábrica enfocada**. Un restaurante de comida rápida es una fábrica enfocada: la mayor parte se reconfiguraría con facilidad para ajustarse a la mezcla de productos y el volumen. Burger King, por ejemplo, cambia el número de empleados y la asignación de tareas en lugar de mover máquinas y equipos. De esta forma, la compañía balancea la línea de ensamblaje para satisfacer las demandas cambiantes de producción. De hecho, la “distribución” cambia varias veces al día.

⁶Stephanie N. Mehta, “Cell Manufacturing Gains Acceptance at Smaller Plants”, *The Wall Street Journal* (15 de septiembre de 1996): B2.

AO EN ACCIÓN

Células de trabajo en Rowe Furniture

A muchos clientes les disgusta comprar productos estándar, sobre todo a los clientes de muebles, quienes en general desean una selección mucho más amplia de la que las salas de exposición pueden exhibir. Los clientes, en realidad, quieren personalización, pero no desean esperar meses los pedidos especiales. Por lo tanto, Rowe Furniture Corp., de Salem, Virginia, creó una red de computadoras donde los clientes solicitan combinaciones personalizadas de tapices y estilos. Esta estrategia proporciona personalización, pero el problema real era: ¿el personal de operaciones cómo construye muebles por pedido con rapidez y sin aumentar los costos?

Primero, Rowe canceló la antigua línea de ensamble. Después formó células de trabajo, cada una integrada por equipos de trabajadores con las habilidades necesarias: engomadores, costureros, engrapadores y rellenadores. En

lugar de estar dispersos en la línea de ensamble, alrededor de 3 docenas de miembros de equipos se trabajaban en las células de trabajo. Estas células apoyaron una mejor comunicación y quizá incluso la forzaron entre los miembros del equipo. Después siguió la capacitación cruzada; los encargados de engomar se dieron cuenta de lo que necesitaban los engrapadores, y los rellenadores comprendieron las necesidades de la costura. Pronto, los miembros de las células se percataron de que podían resolver los problemas diarios con éxito y comenzaron a desarrollar mejores métodos. Más aún, los miembros de los equipos y la administración empezaron a trabajar juntos en la solución de problemas.

Hoy en día, la planta de Rowe opera con una productividad récord. "Todos están mucho más contentos", comenta Sally Huffman, empleada de la tienda.

Fuentes: *Upholstery Design and Management* (febrero de 2001): 16-22; y *The Wall Street Journal* (26 de febrero de 1999): B1.

El término *fábrica enfocada* también se refiere a instalaciones que se centran en formas diferentes a línea o distribución por producto. Por ejemplo, las instalaciones se enfocan en cumplir con la calidad, en la introducción de nuevos productos o en los requerimientos de flexibilidad.⁷

Parece que para las instalaciones enfocadas de manufactura y servicios es más fácil estar en sintonía con sus clientes, elaborar productos de calidad y operar con márgenes más altos. Lo anterior es válido ya sea que hablemos de fundidoras de acero como SMI, Nucor o Chaparral; restaurantes como McDonald's y Burger King, o un hospital como el Shouldice.

La tabla 6.2 resume el análisis de las células de trabajo, los centros de trabajo enfocados y la fábrica enfocada.

TABLA 6.2 ■

Células de trabajo, centros de trabajo enfocados y fábrica enfocada

| CÉLULA DE TRABAJO | CENTRO DE TRABAJO ENFOCADO | FÁBRICA ENFOCADA |
|---|---|---|
| Una célula de trabajo es un arreglo temporal de máquinas y de personal orientado al producto, dentro de una instalación orientada al proceso. | Un centro de trabajo enfocado es un arreglo permanente de máquinas y de personal orientado al producto, dentro de una instalación orientada al proceso. | Una fábrica enfocada es una instalación permanente para elaborar un producto o un componente en una instalación orientada al producto. Muchas fábricas enfocadas actuales fueron parte de una instalación orientada al proceso. |
| <i>Ejemplo:</i> Un taller de producción intermitente con máquinas y personal reubicados para producir 300 paneles de control únicos. | <i>Ejemplo:</i> La manufactura de abrazaderas para tuberías en un astillero. | <i>Ejemplo:</i> Una planta productora de mecanismos para ventanas de automóviles. |

DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS OFICINAS

Distribución física de las oficinas

Agrupación de trabajadores, equipos y espacios/oficinas, para proporcionar comodidad, seguridad y movimiento de información.

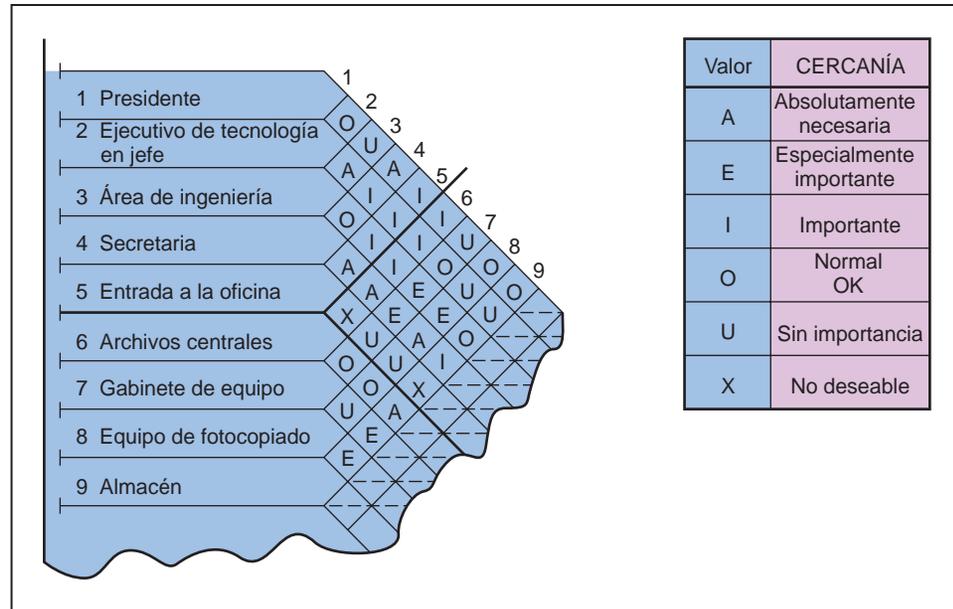
La diferencia principal entre las **distribuciones físicas de las oficina** y de la fábrica es la importancia que se adjudica a la información. No obstante, en algunos ambientes de oficina, como en la manufactura, la producción depende del flujo de material. Éste es el caso de Hallmark en la ciudad de Kansas, que cuenta con más de la mitad del mercado de tarjetas de felicitación en Estados Unidos y produce alrededor de 40 mil tarjetas diferentes. En el pasado, sus 700 profesionales creativos tardaban hasta dos años en desarrollar una nueva tarjeta. La decisión de Hallmark de crear células de trabajo con artistas, escritores, impresores, comercializadores y contadores, todos asignados a una misma área, dio como resultado la preparación de tarjetas en una fracción del tiempo que tardaban con la distribución anterior.

⁷Véase, por ejemplo, Wickham Skinner, "The Focus Factory", *Harvard Business Review* 52, núm. 3 (mayo-junio de 1974): 113-121.

FIGURA 6.9 ■

Gráfica de relaciones en oficinas

Fuente: Adaptado de Richard Muther, *Simplified Systematic Layout Planning*, 3a. ed. (Ciudad de Kansas, Mgt. & Ind'l Research Publications 1994). Utilizado con autorización del editor.



El ejemplo de Hallmark sugiere que mantener la flexibilidad en la distribución es tan importante en las oficinas como las fábricas, y sigue siendo un principio importante del diseño de la distribución. Igual que los administradores de operaciones forman equipos modulares y móviles para maximizar la flexibilidad del proceso de producción, también deben hacerlo los administradores de operaciones en el contexto de las oficinas. El evidente cambio tecnológico en la manufactura también altera el funcionamiento de las oficinas, haciendo de la flexibilidad en las oficinas una necesidad. En consecuencia, y para apoyar estos cambios en las distribuciones, existe hoy una gran variedad de equipos modulares de oficina.

Aunque el movimiento de información se realiza cada vez más de manera electrónica, el análisis de la distribución física de oficinas todavía requiere un enfoque basado en las tareas. Así, los administradores examinan los patrones de comunicación electrónica y convencional, las necesidades de separación y otras condiciones que afectan la efectividad de los empleados.⁸ Una herramienta útil para este tipo de análisis es la *gráfica de relaciones* que se muestra en la figura 6.9. Esta gráfica, preparada para un despacho de ingenieros de software, indica que el jefe de tecnología debe estar **1**, cerca del área de ingeniería; **2**, menos cerca de las áreas secretarial y de archivo central, y **3**, lejos de las áreas de fotocopiado y almacén.

Los lineamientos sobre el área general de oficina asignan un promedio de 100 pies cuadrados por persona (incluidos los corredores). A un ejecutivo importante se le asignan cerca de 400 pies cuadrados, y la sala de conferencias tiene como base 25 pies cuadrados por persona, con un máximo de 30 personas. En contraste, los restaurantes ofrecen de 16 a 50 pies cuadrados por cliente (el área total de la cocina y el comedor divididos entre la capacidad). Para hacer uso efectivo de la dimensión vertical de la estación de trabajo, algunos diseñadores de oficina se extienden hacia arriba en lugar de hacia los lados. Este enfoque mantiene a cada unidad de estación de trabajo (lo que los diseñadores llaman la “huella”) lo más pequeña posible.

Estos conceptos estadounidenses del espacio no son universales. En la oficina de Toyota, en Tokio, por ejemplo, alrededor de 110 personas trabajan en una habitación grande. Como es usual en las oficinas japonesas, trabajan abiertamente en escritorios que forman grupos denominados “islas”. Las islas se acomodan en largas filas; los administradores se sientan en los extremos de dichas filas con sus subordinados a la vista. (Cuando llega algún visitante importante para una reunión, se le conduce hacia una área especial, desde donde no se pueden ver las oficinas llenas de empleados).

Por otra parte, existen algunas consideraciones sobre la distribución son universales (muchas se aplican tanto a fábricas como a oficinas). Se refieren a las condiciones de trabajo, el trabajo en equipo, la autoridad y el estatus. ¿El aire acondicionado debe cubrir toda el área de trabajo o sólo una parte? ¿Todos los empleados deben usar la misma entrada, baños, casilleros y cafetería? Como se mencionó, las decisiones de distribución tienen una parte científica y una creativa. Sólo la parte científica, que se relaciona con el flujo de información y materiales, se analiza de la misma forma que el flujo de partes en una distribución de proceso.

Como comentario final sobre la distribución de las oficinas, señalamos dos tendencias importantes. Primera, la *tecnología*, como teléfonos celulares, beepers, faxes, Internet, oficinas en casa, computadoras portátiles y agendas electrónicas, hace posible una creciente flexibilidad en la distribución mediante el movimiento electrónico de la información. Segunda, las *compañías virtuales* generan necesidades dinámicas de espacio y servicios. Ambos cambios tienden a requerir menos empleados de oficina en el sitio. Por

⁸Jacqueline C. Vischer, “Strategic Work-Space Planning”, *Sloan Management Review* (otoño de 1995): 37.

AO EN ACCIÓN

La distribución física de las plazas comerciales se equipara a Internet

A casi tres meses de la inauguración del RiverTown Crossings en Grandville, Michigan, Nancy McCarty, de 35 años de edad y madre de seis niños, rara vez ha ido más allá de una sección de la plaza donde se encuentran las tiendas de ropa para niños Abercrombie Kids, Gap Kids, Gymboree y otras. "Podemos comprar en esta sección y encontrar todo lo que necesitamos", dice la señora McCarty.

Ésa es la idea. En un esfuerzo por competir con la oleada de compras en línea, General Growth Properties, Inc., administradora de la plaza, se decidió por una distribución contraria a décadas de sabiduría en ventas en las plazas comerciales: agrupó las tiendas competidoras en una sola área. La empresa comenzó a experimentar con esta idea (popular desde hace mucho en varios escenarios comerciales, como los distritos de la moda, las pieles y los diamantes en Nueva York) desde hace tres años. Ahora, todas sus nuevas plazas agrupan tiendas.

Preocupados por un futuro en el que los compradores señalan y hacen clic con el ratón en lugar de manejar, estacionarse, caminar y hacer cola en la caja, los desarrolladores por fin intentan que sea más conveniente comprar en las plazas. Algunos agregan directorios más sencillos de entender que los planos actuales de las plazas. Otros optan por colocar juntas a las tiendas departamentales, distribución que reduce la caminata y el tiempo.

Otros propietarios están construyendo plazas más pequeñas. Piensan que muchos clientes ocupados, que tienden a ser relativamente constantes, ya no "compran hasta morir" sino que "compran de pasada". El Simon Bartolo Group, el propietario más grande de plazas comerciales en Estados Unidos, ahora instala conexiones de Internet en sus plazas para poder comprar en línea en las tiendas. Este concepto vincula a todos los sitios Web de los arrendatarios y crea una plaza virtual dentro de la plaza.

Fuentes: *Real State Finance* 17, núm. 1 (primavera de 2000): 41-46; y *The Wall Street Journal* (8 de febrero de 2000): B1 (27 de agosto de 2002): A1, A8.

ejemplo, cuando la oficina de Chicago de la empresa de contabilidad Ernest & Young se percató de que entre 30 y 40% de los escritorios se encontraban vacíos en un momento dado, la empresa desarrolló sus nuevos "programas de hotelería". Quinientos consultores *junior* perdieron sus oficinas permanentes; cualquiera que piense estar en la oficina (y no con los clientes) por más de medio día solicita un espacio de oficina a través del "conserje", quien ese día coloca un letrero en la puerta de una oficina con el nombre del consultor.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA EN TIENDAS

Distribución física en tiendas

Enfoque que estudia el flujo, asigna espacios y responde según el comportamiento del cliente.

Las **distribuciones físicas en tiendas** para la venta al menudeo tienen como base la idea de que las ventas y las utilidades varían directamente con la exposición del cliente a los productos. Por lo tanto, la mayoría de los administradores de operaciones en las tiendas procuran que los clientes vean el mayor número de productos. (Tal como lo hacen las plazas comerciales; examine en *AO en acción* como "la distribución física de las plazas comerciales se equipara a Internet"). De acuerdo con los estudios de mercado, cuanto mayor es la tasa de exposición, mayores son las ventas y más alto el rendimiento sobre la inversión. El administrador de operaciones puede alterar *ambas* con un arreglo global de la tienda y la asignación de los espacios a diversos productos dentro de dicho arreglo.

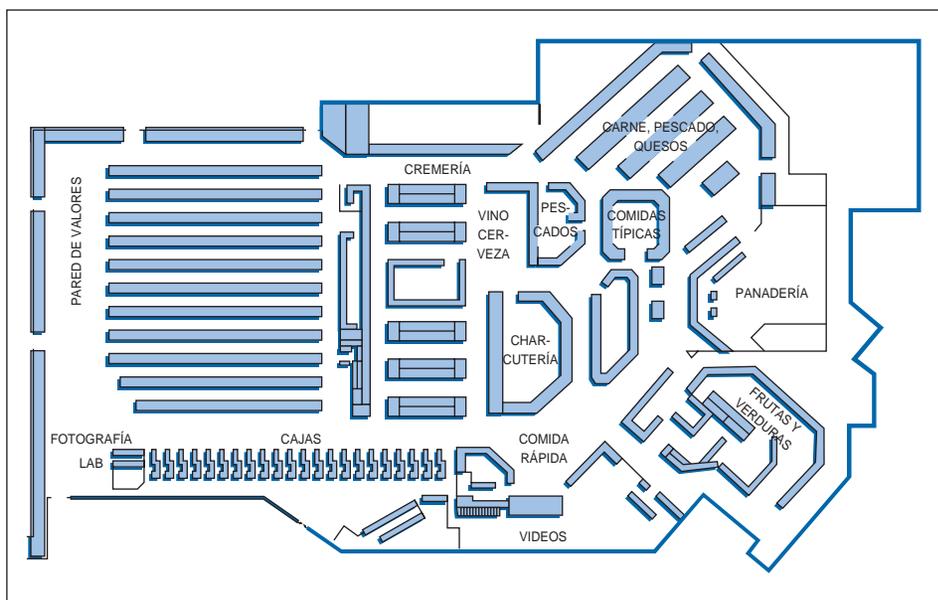
Cinco ideas son útiles para determinar el arreglo de muchas tiendas:

1. Ubicar los artículos de gran venta en la periferia de la tienda. Así la tendencia es colocar los productos de cremería en un lado del supermercado, y el pan y los pasteles en otro. Un ejemplo de esta práctica se muestra en la figura 6.10.
2. Usar lugares de alto impulso para los artículos de mayor consumo y alto margen de ventas, como los artículos para el hogar, cuidado de la belleza y shampoo.
3. Distribuir lo que se conoce en el comercio como "artículos poderosos" —artículos que predominan cuando se va de compras— en ambos lados del pasillo y dispersarlos para llamar la atención sobre otros artículos.
4. Usar las cabeceras de pasillo porque tienen un índice alto de exposición.
5. Comunicar la misión de la tienda con la selección cuidadosa del posicionamiento del departamento más importante. Por ejemplo, si los alimentos preparados son parte de la misión, la panadería y la charcutería deben estar al frente para agradar a los clientes que buscan la conveniencia.

Una vez que se ha decidido la distribución general de la tienda, los productos deben acomodarse para venderlos. Este acomodo implica muchas consideraciones. Sin embargo, el *objetivo primordial de la distribución en tiendas es maximizar la rentabilidad por metro cuadrado de espacio en piso* (o, en algunas tiendas, en metros lineales de espacio en anaqueles). Los artículos costosos pueden dejar mayores ventas en dólares, aunque la utilidad por metro cuadrado llega a ser menor. Existen programas de cómputo para ayudar a los administradores a evaluar la rentabilidad de distintos planes de comercialización.

FIGURA 6.10 ■

Distribución para una tienda con cremería y panadería, artículos de venta alta, en diferentes áreas de la tienda

**Tarifas de inserción**

Tarifas que pagan los fabricantes por obtener espacio para sus productos en los anaqueles.

Un aspecto adicional, algo controvertido, en la distribución de tiendas es la llamada inserción. Las **tarifas de inserción** son las cuotas que pagan los fabricantes para que sus productos se exhiban en los anaqueles de una cadena de supermercados. Como resultado de la introducción masiva de nuevos productos los comerciantes llegan a pedir hasta \$25,000 por colocar un producto en su cadena. Durante la última década, la economía, la consolidación y la tecnología en el mercado han proporcionado a los comerciantes un apalancamiento. La competencia por el espacio de anaqueles ha avanzado con los sistemas POS y la tecnología del escáner, los cuales mejoran la administración y el control de inventarios. Muchas empresas pequeñas cuestionan la legalidad y la ética de las tarifas de inserción, argumentando que las tarifas detienen a los nuevos productos, limitan su capacidad de crecimiento y cuestan dinero al consumidor.⁹

Entorno de servicio (Servicescapes)

Aun cuando el objetivo principal de la distribución de tiendas es maximizar las utilidades, existen otros aspectos de servicio que los administradores deben considerar. La profesora Mary Jo Bitner acuñó el término **entorno de servicio** (*servicescapes*) para describir el entorno físico en el que se entrega el servicio y la forma en que este entorno afecta al ser humano como cliente o empleado.¹⁰ Bitner piensa que para proporcionar una buena distribución para el servicio, la empresa debe contemplar tres elementos:

1. *Condiciones del entorno*, que son características generales, como iluminación, sonido, olor y temperatura. Todas afectan a los trabajadores y a los clientes, e influyen en cuánto gasta y cuánto tiempo permanece una persona en el establecimiento.
2. *Distribución de espacio y funcionalidad*, que implica la planeación de la circulación de los clientes, las características de los pasillos (como ancho, dirección, ángulo y espaciamiento de anaqueles), y la agrupación de los productos.
3. *Letreros, símbolos y artefactos*, que son características del diseño del establecimiento que tienen un significado social (como las áreas alfombradas en una tienda departamental que incitan a los compradores a detenerse).

Algunos ejemplos de cada uno de estos elementos de los entornos de servicio son los siguientes

- **Condiciones del entorno** Restaurantes de lujo con manteles de lino y una atmósfera creada con luz de velas; el olor de la panadería de Mrs. Field's Cookie inunda todo el centro comercial.
- **Distribución/funcionalidad** Los largos pasillos con anaqueles de gran altura en Kroger.
- **Letreros, símbolos y artefactos** La bienvenida en la puerta de Wal-Mart; la pared con guitarras en Hard Rock Cafe.

⁹Un análisis interesante sobre las tarifas de inserción se encuentra en cualquiera de las siguientes publicaciones: *Forbes* (12 de junio de 2000): 84-85, *Wall Street Journal* (22 de septiembre de 1999): A23; *Supermarket Business*, (1999, Best of Class Issue): 15-18.

¹⁰Mary Jo Bitner, "Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customer and Employees", *Journal of Marketing* 56 (abril de 1992): 57-71.

Entorno de servicio

Contexto físico en el que se lleva a cabo el servicio y cómo afecta a clientes y empleados.

Un elemento esencial que contribuye al objetivo de Hard Rock es la distribución del restaurante y del espacio de sus tiendas. El espacio de la tienda, que oscila entre 600 y 1,300 pies cuadrados, se diseña en conjunto con el área del restaurante para crear un flujo de tráfico máximo antes y después de comer. Hard Rock maneja la distribución de las tiendas como una ciencia, y las ganancias son enormes. La distribución de flujo libre que se muestra en la fotografía de la tienda de Londres incrementa el acceso al producto, genera una mayor visibilidad y reduce el tiempo de transacción en el punto de venta. Casi la mitad de las ventas anuales de un café se genera en estas pequeñas tiendas, que tienen más ventas por pie cuadrado que cualquier otra tienda minorista en Estados Unidos.



DISTRIBUCIONES PARA ALMACENES Y ALMACENAMIENTO

Distribución física de almacenes

Diseño que intenta minimizar el costo total mediante el trueque entre el espacio y el manejo de materiales.

Se estima que los sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados mejoran más de 500% la productividad respecto a los sistemas manuales.

El objetivo de la **distribución física de almacenes** es encontrar el trueque óptimo entre los costos del manejo de materiales y los costos asociados con el espacio de almacén. En consecuencia, la tarea de la administración es maximizar la utilización de todo el almacén, es decir, usar todo su volumen al mismo tiempo que mantener los costos del manejo de materiales en un nivel bajo. El costo de manejo de materiales se define como los costos relacionados con el transporte de los productos que entran, su almacenamiento y el transporte de los productos que salen. Estos costos incluyen equipo, personal, material, supervisión, seguros y depreciación. Por supuesto, una distribución de almacén efectiva también minimiza los daños y desperdicios de material dentro del almacén.

La administración minimiza la suma de los recursos que se gastan en encontrar y mover el material más el deterioro y daño de los materiales mismos. La variedad de los artículos que se almacenan y el número de los artículos que se “recuperan” tienen una influencia directa en la distribución óptima. Un almacén que guarda pocos artículos permite mayor densidad que uno que almacena artículos variados. La administración de almacenes moderna es, en muchos casos, un procedimiento que utiliza los sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados (ASRS).

Un componente importante de la distribución de un almacén es la relación entre el área de recepción/descarga y el área de embarque/carga. El diseño de la instalación depende del tipo de artículos que se descargan, de qué se descargan (camiones, furgones, montacargas, etcétera), y dónde se descarga. En algunas compañías, las instalaciones para recepción y embarque, o “muelles”, son la misma área; en ocasiones, por la mañana son muelles de recepción y por la tarde muelles de embarque.

Almacenamiento cruzado

El **almacenamiento cruzado** significa evitar la colocación de materiales o suministros en el almacén procesándolos conforme se reciben. En una instalación de manufactura, el producto se recibe directamente en la línea de ensamble. En un centro de distribución, las cargas etiquetadas y seleccionadas llegan al muelle de recepción e inmediatamente se redirigen, lo que evita la recepción formal, el almacenamiento/registro y las actividades de pedido-selección. Como estas actividades no agregan valor al producto, eliminarlas significa ahorrar 100% en costos. Wal-Mart, defensora inicial del almacenamiento cruzado, usa esta técnica como un componente importante de su estrategia continua de bajo costo. Mediante el almacenamiento cruzado, Wal-Mart reduce los costos de distribución y acelera el resurtido de las tiendas, por tanto mejora el servicio al cliente. Aun cuando el almacenamiento cruzado reduce el manejo de productos, el inventario y los costos de las instalaciones, requiere **1.** una programación estricta, y **2.** que los

Almacenamiento cruzado

Distribución que evita que los suministros se coloquen en el almacén procesándolos conforme se reciben.

The Gap se esfuerza por conseguir alta calidad y bajo costo. Lo hace 1. diseñando su propia ropa; 2. asegurando el control de calidad entre sus vendedores, y 3. manteniendo una presión hacia abajo sobre los costos de distribución. Un nuevo centro de distribución automatizado cerca de Baltimore permite que The Gap surta las tiendas de la Costa Este todos los días en lugar de sólo tres veces por semana.



embarques recibidos incluyan una identificación precisa de los productos, en general con códigos de barras, para que puedan moverse con rapidez al muelle correcto.

Almacenamiento aleatorio

Los sistemas de identificación automatizada (AIS), casi siempre en la forma de código de barras, permiten la identificación rápida y precisa de los artículos. Cuando los sistemas de identificación automatizada se combinan con sistemas efectivos de información administrativa, los administradores de operaciones conocen la cantidad y la ubicación de cada unidad. Esta información se utiliza con operarios humanos o con sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados, con el objetivo de cargar unidades en cualquier parte del almacén, es decir, de manera aleatoria. Las cantidades y ubicaciones precisas de los inventarios significan la utilización potencial de toda la instalación debido a que el espacio no necesita reservarse para ciertas unidades en almacén (SKU) o familias de partes. Los sistemas computarizados de **almacenamiento aleatorio** a menudo incluyen las siguientes tareas:

1. Mantener una lista de lugares “vacíos”.
2. Mantener registros precisos del inventario existente y de su ubicación.
3. Colocar en secuencia los artículos de los pedidos para minimizar el tiempo de viaje requerido para “recuperar” pedidos.
4. Combinar pedidos para reducir los tiempos de recuperación.
5. Asignar ciertos artículos o clases de artículos, como los de alto uso, a un área particular del almacén para minimizar la distancia total recorrida.

Los sistemas de almacenamiento aleatorio incrementan la utilización de las instalaciones y disminuyen el costo de mano de obra, pero requieren registros precisos.

Personalización

Si bien esperamos que los almacenes guarden el menor número de unidades posible durante el menor tiempo posible, ahora se pide al almacén que personalice los productos. Las bodegas son lugares donde se agrega valor al producto a través de la **personalización**. La personalización en las bodegas es una forma particularmente útil de generar una ventaja competitiva en los mercados donde los productos cambian con rapidez. Por ejemplo, se coloca un almacén donde se ensamblan los componentes de computadora, se carga el software y se realizan las reparaciones. Los almacenes también ofrecen a los comerciantes un etiquetado y empaque personalizado para que los artículos lleguen listos para su exhibición.

Cada vez más, este tipo de trabajo se realiza en los almacenes anexos a los principales aeropuertos, en instalaciones como la terminal de Federal Express en Memphis. Agregar valor en un almacén anexo a los principales aeropuertos facilita la entrega durante la noche. Por ejemplo, si su terminal de cómputo falla, este tipo de almacén puede enviarle un reemplazo y recibirla a la mañana siguiente. Cuando la terminal que falló llega al almacén, se repara y envía a otra persona. Estas actividades con valor agregado en los “cuasialmacenes” contribuyen con las estrategias de personalización, costo bajo y respuesta rápida.

Almacenamiento aleatorio

Se usa en los almacenes para colocar los artículos donde haya un lugar. Esta técnica significa que el espacio no necesita asignarse a artículos específicos y que las instalaciones se utilizarán de forma más completa.

Personalización

Empleo del almacenamiento para agregar valor al producto mediante la modificación, reparación, etiquetado y empaque de componentes.

DISTRIBUCIÓN REPETITIVA Y ORIENTADA AL PRODUCTO

Las *distribuciones orientadas al producto* se organizan alrededor de productos o familias de productos similares de alto volumen y baja variedad. La producción repetitiva y la producción continua, analizadas en el capítulo 4, usan distribuciones orientadas al producto. Las suposiciones son

1. El volumen es adecuado para la utilización exhaustiva del equipo.
2. La demanda del producto es suficientemente estable para justificar una inversión considerable en equipo especializado.
3. El producto es estandarizado o se acerca a una etapa de su ciclo de vida que justifica la inversión en equipo especializado.
4. El suministro de materias primas y componentes es adecuado y de calidad uniforme (adecuadamente estandarizado) para asegurar que funcionará con el equipo especializado.

Los dos tipos de distribuciones orientadas al producto son las líneas de fabricación y de ensamble. En la **línea de fabricación** se construyen componentes, como llantas de automóviles o partes metálicas para refrigeradores, en una serie de máquinas. En la **línea de ensamble** se arman las partes fabricadas en una serie de estaciones de trabajo. Ambos son procesos repetitivos y en los dos casos, la línea debe estar “balanceada”, es decir, el tiempo que lleva realizar una tarea en una máquina debe ser igual o “estar balanceado” con el tiempo que lleva realizar el trabajo en la siguiente máquina de la línea de fabricación, del mismo modo que el tiempo que requiere un empleado en una estación de trabajo de la línea de ensamble debe estar “balanceado” con el tiempo que requiere el siguiente empleado en la siguiente estación de trabajo. Los mismos aspectos surgen cuando se diseñan las “líneas de desensamble” para los deshuesaderos y los fabricantes de automóviles (véase *AO en acción*, “líneas de desensamble de automóviles: lo ecológicamente correcto”).

Las líneas de fabricación tienden a marchar al paso de las máquinas y requieren cambios mecánicos y de ingeniería para facilitar el balanceo. Por su parte, las líneas de ensamble tienden a seguir el paso de las tareas asignadas a los individuos o a las estaciones de trabajo. Por lo tanto, las líneas de ensamble se balancean cambiando tareas de un individuo a otro. El problema central en la planeación de la distribución orientada al producto es, entonces, balancear la salida de cada estación de trabajo en la línea de producción para que sea casi la misma, a la vez que obtener la cantidad de producción deseada.

La meta de la administración es crear un flujo continuo a lo largo de la línea de ensamble con un mínimo de tiempo muerto en cada estación de trabajo. Las ventajas de una línea de ensamble bien balanceada son la utilización óptima del personal y las instalaciones, y equidad en la carga de trabajo asignada a

Línea de fabricación

Instalación orientada al producto, al ritmo de las máquinas, para la elaboración de componentes.

Línea de ensamble

Enfoque que une las partes fabricadas en una serie de estaciones de trabajo; se usa en los procesos repetitivos.

AO EN ACCIÓN

Líneas de desensamble de automóviles: lo ecológicamente correcto

Visionarios como Walter Chrysler y Louis Chevrolet nunca imaginaron que surgirían deshuesaderos de carros y camiones para dar testimonio de la cultura del automóvil que ayudaron a inventar. No obstante, en estos días los deshuesaderos se están reduciendo. “Pronto”, dice el administrador de reciclaje de vehículos de Ford, “pensamos que las personas comprarán automóviles dependiendo de qué tan ‘verdes’ sean.” En BMW, Horst Wolf coincide con esta opinión: “en el largo plazo, todos los vehículos deberán diseñarse de tal forma que sus materiales puedan reusarse fácilmente en la siguiente generación de automóviles”.

En 1990, BMW, consciente de la fuerza política del Movimiento Verde en Alemania, construyó una planta piloto de “desensamble de automóviles”. En Estados Unidos, la compañía ofrece 500 dólares en la compra de un nuevo modelo BMW a quien lleve un BMW viejo a sus centros de recuperación en Nueva York, Los Ángeles u Orlando.

La línea de desensamble implica la remoción de casi todas las partes de plástico de los coches y su clasificación para reciclaje. Pero esto no es sencillo. Tan sólo el desen-

samble llega a tomar una hora a cinco personas. BMW también tuvo que inventar las herramientas para perforar y drenar con seguridad los tanques con residuos de gasolina. Debido a que los diversos plásticos se reciclan en forma diferente, cada uno debe ser etiquetado o codificado con colores. Algunos tipos de plástico se funden y convierten en partes nuevas, como la entrada del múltiple. Nissan Motor, con plantas de desensamble en Alemania y Japón, convierte ahora 2 mil defensas al mes en ductos de aire, descansos para pies, partes de defensas y plataformas de embarque.

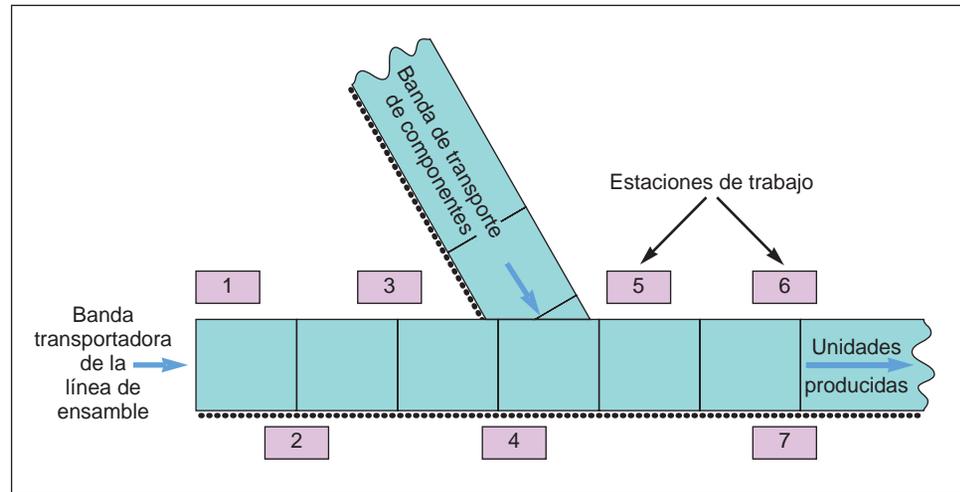
La parte del metal de desperdicio de la línea de desensamble es más sencilla. Con trituradoras y electroimanes, los pedazos de metal del tamaño de una pelota de beisbol se seleccionan después de quitarlas de los motores, las transmisiones, los radios y las baterías. Los fabricantes de acero han ayudado durante los últimos 20 años con la construcción de minifundidoras que emplean metales de desperdicio.

Un cambio paradójico para una industria impulsada por mejorar la resistencia al impacto de sus vehículos, es que los fabricantes ahora también deben diseñar autos y camiones que se desarmen con más facilidad.

Fuentes: *Professional Engineering* (11 de julio de 2001): 34-36; *Ward's Auto World* (septiembre de 1999): 65; y *Futures* (junio de 1998): 425-442.

FIGURA 6.11 ■

Distribución de una línea de ensamble



los empleados. Algunos contratos con los sindicatos establecen que las cargas de trabajo para operarios de una misma línea de ensamble sean casi iguales. El término más común para describir este proceso es **balanceo de la línea de ensamble**. Sin lugar a dudas, el *objetivo de la distribución orientada al producto es minimizar el desbalance en la línea de ensamble o de fabricación*.

Las ventajas principales de la distribución orientada al producto son

1. El bajo costo variable por unidad usualmente asociado con los productos estandarizados de alto volumen.
2. Bajos costos de manejo de materiales.
3. Inventarios de trabajo en proceso reducidos.
4. Capacitación y supervisión más sencillas.
5. Producción rápida.

Las desventajas de la distribución orientada al producto son

1. Se requiere un alto volumen debido a la gran inversión necesaria para establecer el proceso.
2. Cuando se detiene el proceso en cualquier parte se detiene toda la operación.
3. Falta de flexibilidad cuando se maneja una variedad de productos o tasas de producción.

La distribución orientada al producto puede manejar sólo unos cuantos diseños de producto y proceso.

Puesto que los problemas con las líneas de ensamble y las líneas de fabricación son semejantes, enfocamos nuestro análisis en la línea de ensamble. En una línea de ensamble, el producto casi siempre se mueve por medios automatizados, como una banda transportadora, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta completarse (figura 6.11). De esta manera se ensamblan automóviles, aparatos de televisión y hornos y se preparan las hamburguesas en los restaurantes de comida rápida. Las distribuciones orientadas al producto emplean más equipo automático y de diseño especial que las distribuciones orientadas al proceso.

Balanceo de la línea de ensamble

El balanceo de líneas casi siempre se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Con la finalidad de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados. Después, se deben determinar los requerimientos de tiempo para cada tarea de ensamble (como taladrar un agujero, apretar una tuerca o pintar con aerosol una parte). La administración también necesita conocer la *relación de precedencia* entre las actividades, es decir, la secuencia en que deben desempeñarse las tareas. En el ejemplo 2 se muestra cómo convertir estos datos de las tareas en diagramas de precedencias.

Ejemplo 2

Queremos desarrollar un diagrama de precedencias para una copiadora que requiere un tiempo de ensamble total de 66 minutos. La tabla 6.3 y la figura 6.12 proporcionan las tareas, los tiempos de ensamble y los requerimientos de secuencia para la copiadora.

TABLA 6.3 ■ Datos de precedencias

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS) | LAS TAREAS DEBEN SEGUIR A LAS TAREAS ENUMERADAS ABAJO |
|--------------|-------------------------------|---|
| A | 10 | — |
| B | 11 | A |
| C | 5 | B |
| D | 4 | B |
| E | 12 | A |
| F | 3 | C, D |
| G | 7 | F |
| H | 11 | E |
| I | 3 | G, H |
| Tiempo total | | 66 |

Esto significa que las tareas B y E no pueden realizarse hasta que termine A.

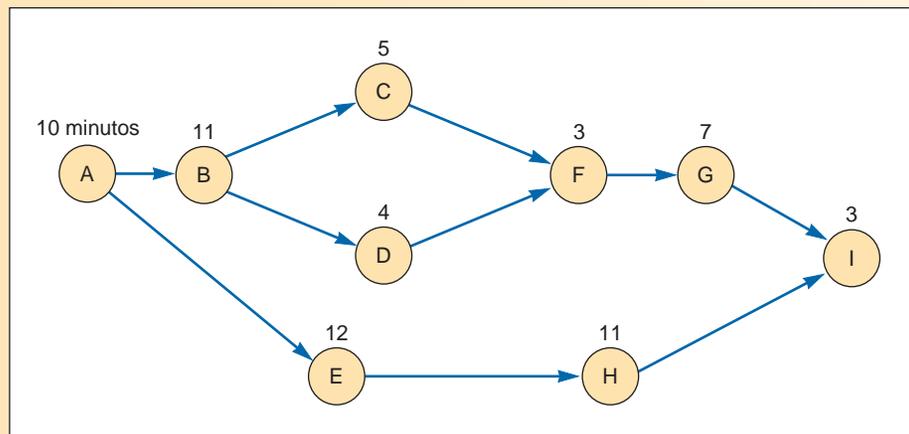


FIGURA 6.12 ■ Diagrama de precedencias

Una vez construida la gráfica de precedencias que resume las secuencias y los tiempos de ejecución, pasamos al trabajo de agrupar las tareas en estaciones de trabajo para lograr la tasa de producción especificada. Este proceso incluye tres pasos:

1. Tomar las unidades requeridas (demanda o tasa de producción) por día y dividir entre el tiempo productivo disponible por día (en minutos o segundos). Esta operación da el **tiempo del ciclo**, o sea, el tiempo máximo que el producto está disponible en cada estación de trabajo si debe lograrse la tasa de producción:

$$\text{Tiempo del ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Unidades requeridas por día}} \tag{6-2}$$

2. Calcular el número mínimo teórico de estaciones de trabajo. Éste es el tiempo total de duración de las tareas (el tiempo que lleva hacer el producto) dividido entre el tiempo del ciclo. Las fracciones se redondean hacia arriba al siguiente número entero:

$$\text{Número mínimo de estaciones de trabajo} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo para tarea } i}{\text{Tiempo del ciclo}} \tag{6-3}$$

donde n es el número de tareas de ensamble.

3. Balancear la línea asignando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo. Un balanceo eficiente permite completar el ensamble requerido, seguir la secuencia especificada y

Tiempo del ciclo

Tiempo máximo que está disponible un producto en cada estación de trabajo.

Ciertas tareas no pueden agruparse en una estación de trabajo y quizás existan varias razones físicas para ello.

mantener el tiempo muerto en cada estación de trabajo en un mínimo. Un procedimiento formal para lograrlo es

- a. Identificar una lista maestra de tareas.
- b. Eliminar las tareas que están asignadas.
- c. Eliminar las tareas cuya relación de precedencia no se satisface.
- d. Eliminar las tareas para las que el tiempo disponible en la estación de trabajo es inadecuado.
- e. Usar una técnica “heurística” de balanceo de líneas descrita en la tabla 6.4. Las cinco opciones son **1.** tiempo más largo para una tarea; **2.** mayor número de tareas que le siguen; **3.** ponderación de la posición; **4.** tiempo más corto para una tarea, y **5.** menor número de tareas que le siguen. Quizá desee probar algunas de estas **técnicas heurísticas** para observar cuál ofrece la “mejor” solución, es decir, el menor número de estaciones de trabajo y mayor eficiencia. Sin embargo, recuerde que aun cuando las técnicas heurísticas aportan soluciones, no garantizan una solución óptima.

Técnicas heurísticas

Solución de problemas mediante procedimientos y reglas en lugar de optimización matemática.

TABLA 6.4 ■

Distribución heurística que se utiliza en la asignación de tareas a las estaciones de trabajo en el balanceo de líneas

| | |
|---|--|
| 1. <i>Tiempo más largo para una tarea (operación)</i> | De las tareas disponibles, elegir la tarea con el tiempo más largo (más tardada). |
| 2. <i>Mayor número de tareas sucesoras</i> | De las tareas disponibles, elegir la que tenga el mayor número de tareas que le siguen. |
| 3. <i>Ponderación de la posición</i> | De las tareas disponibles, elegir la tarea cuya suma de tiempos para las tareas que le sigue es mayor (mayor tiempo restante). En el ejemplo 3 veremos que la ponderación de la posición de la tarea C = 5(c) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 18, mientras que la ponderación de la posición de la tarea D = 4(D) + 3(F) + 7(G) + 3(I) = 17; por lo tanto, debe elegirse primero C. |
| 4. <i>Tiempo más corto para una tarea (operaciones)</i> | De las tareas disponibles, elegir la tarea con el tiempo más corto. |
| 5. <i>Menor número de tareas sucesoras</i> | De las tareas disponibles, elegir la tarea con el menor número de tareas que le siguen. |

El ejemplo 3 ilustra un procedimiento sencillo para el balanceo de líneas.

Ejemplo 3

Con base en el diagrama de precedencias y los tiempos de las actividades dados en el ejemplo 2, la empresa determina que se dispone de 480 minutos productivos por día. Lo que es más, el programa de producción requiere 40 unidades diarias como salida de la línea de ensamble. Por lo tanto:

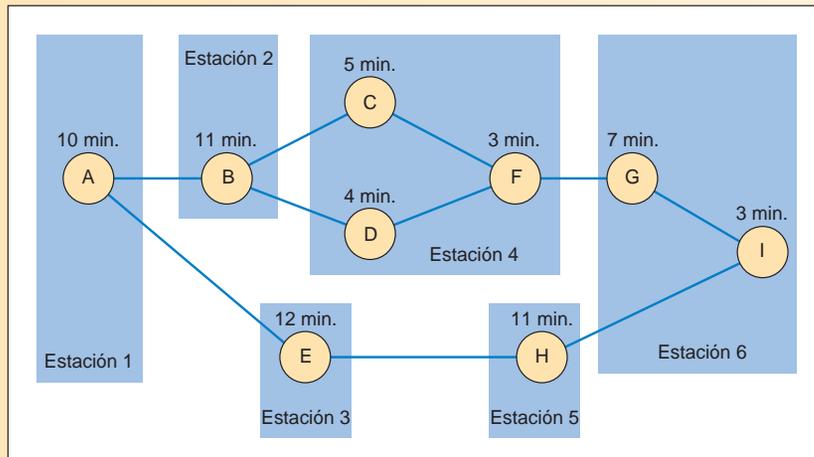
$$\begin{aligned} \text{Tiempo del ciclo (en minutos)} &= \frac{480 \text{ minutos}}{40 \text{ unidades}} \\ &= 12 \text{ minutos/unidad} \\ \text{Número mínimo de estaciones de trabajo} &= \frac{\text{tiempo total de tareas}}{\text{tiempo de ciclo}} = \frac{66}{12} \\ &= 5.5 \text{ o } 6 \text{ estaciones.} \end{aligned}$$

Use la técnica heurística del *mayor número de sucesores* para asignar las tareas a las estaciones de trabajo.

La figura 6.13 muestra una solución que no viola los requerimientos de secuencia y que agrupa las tareas en seis estaciones. Para obtener esta solución, las actividades con el mayor número de tareas sucesoras se trasladaron

FIGURA 6.13 ■

Una solución con seis estaciones para el problema de balanceo de línea



a estaciones de trabajo de manera que se usara lo más posible del tiempo disponible en el ciclo de 12 minutos. La primera estación de trabajo consume 10 minutos y tiene un tiempo muerto de 2 minutos.

La segunda estación de trabajo usa 11 minutos y la tercera, los 12 minutos completos. La cuarta estación de trabajo agrupa tres pequeñas tareas y se balancea de manera perfecta en 12 minutos. La quinta tiene 1 minuto de tiempo muerto y la sexta (con las tareas G e I) tiene 2 minutos de tiempo muerto por ciclo. El tiempo muerto total en esta solución es 6 minutos por ciclo.

Los dos aspectos importantes en el balanceo de líneas de ensamble son la tasa de producción y la eficiencia.

Es posible calcular la eficiencia del balanceo de una línea si se divide el tiempo total de las tareas entre el producto del número de estaciones de trabajo requeridas por el tiempo de ciclo asignado:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{tiempos de tareas}}{(\text{número real de estaciones de trabajo}) \times (\text{tiempo de ciclo asignado})} \quad (6-4)$$

Los administradores de operaciones comparan los diferentes niveles de eficiencia para diferente número de estaciones de trabajo. De esta forma, la empresa determina la sensibilidad de la línea a los cambios en la tasa de producción y en las asignaciones a las estaciones de trabajo.

Ejemplo 4

Podemos calcular la eficiencia del balanceo en el ejemplo 3 como sigue:

$$\text{Eficiencia} = \frac{66 \text{ minutos}}{(6 \text{ estaciones}) \times (12 \text{ minutos})} = \frac{66}{72} = 91.7\%$$

Observe que abrir una séptima estación de trabajo, por cualquier motivo, reducirá la eficiencia del balanceo a 78.6%.

$$\text{Eficiencia} = \frac{66 \text{ minutos}}{(7 \text{ estaciones}) \times (12 \text{ minutos})} = 78.6\%$$

Los problemas del balanceo de líneas de gran escala, como los problemas grandes de distribución orientada al proceso, suelen resolverse con computadoras. Existen varios programas de cómputo para manejar la asignación de estaciones de trabajo en las líneas de ensamble con 100 o más actividades de trabajo individuales. Dos rutinas de cómputo COMSOAL (Computer Method for Sequencing Operations for Assembly Lines)¹¹ y ASYBL (programa de configuración de una línea de ensamble de General Electric), se usan con frecuencia en los problemas grandes, con la finalidad de evaluar los miles, o incluso millones, de combinaciones de estaciones de trabajo posibles con mucha mayor eficiencia de lo que jamás se lograría en forma manual.

En el caso de las operaciones de matanza, la línea de ensamble es en realidad una línea de desensamble. Los procedimientos descritos para el balanceo de la línea son los mismos que para una línea de ensamble. La planta de procesamiento de carne de pollo que se muestra aquí debe balancear el trabajo de varios cientos de empleados. La especialización contribuye a la eficiencia porque: 1. las habilidades se desarrollan con la repetición; 2. se pierde menos tiempo en el cambio de herramientas, y 3. se desarrollan herramientas especializadas. El contenido total de mano de obra en cada pollo procesado es unos cuantos minutos. ¿Cuánto tiempo le llevaría a una sola persona procesar un pollo?



¹¹G. W. De Puy, "Applying the COMSOAL Computer Heuristic", *Computers & Industrial Engineering* 38, núm. 3 (octubre de 2000): 413-422.

RESUMEN

Las distribuciones establecen una diferencia sustancial en la eficiencia de la operación. Las seis situaciones clásicas de distribución física son **1.** de posición fija; **2)** orientada al proceso; **3.** en oficinas; **4.** en tiendas; **5.** para almacenes, y **6.** orientada al producto. Se han desarrollado diversas técnicas para resolver estos problemas de distribución física. Las empresas industriales enfocan sus esfuerzos a reducir el movimiento de materiales y al balanceo de la línea de ensamble. Las tiendas se enfocan en la exhibición del producto. Las distribuciones para almacenes se enfocan en realizar el mejor intercambio entre los costos de almacenamiento y los costos del manejo de materiales.

A menudo las variables en el problema de la distribución física son tan numerosas y de una gama tan extensa, que es difícil pensar en una solución óptima. Por este motivo, aunque las decisiones de distribución han merecido abundantes esfuerzos de investigación, siguen siendo una especie de arte.

TÉRMINOS CLAVE

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Distribución de posición fija | Entorno de servicio |
| Distribución orientada al proceso | Distribución física de almacenes |
| Lotes o pedidos de trabajo | Almacenamiento cruzado |
| CRAFT | Almacenamiento aleatorio |
| Célula de trabajo | Personalización |
| Centro de trabajo enfocado | Línea de fabricación |
| Fábrica enfocada | Línea de ensamble |
| Distribución física de las oficinas | Balanceo de la línea de ensamble |
| Distribución física en tiendas | Tiempo del ciclo |
| Tarifas de inserción | Técnicas heurísticas |

USO DE EXCEL OM PARA LOS CÁLCULOS DE LA DISTRIBUCIÓN

Excel OM ayuda en la evaluación de una serie de asignaciones de áreas a departamentos, como se vio en el caso de Walters Company en el ejemplo 1. El módulo de distribución puede darnos una solución óptima por enumeración, o bien, calcular el costo del “movimiento total” para cada distribución analizada. Así, proporciona una calculadora rápida para cada par de distancia-flujo.

El programa 6.1 ilustra los datos de entrada en la parte superior de las dos tablas. Primero introducimos los flujos de los departamentos, después proporcionamos las distancias entre las áreas. Al introducir las asignaciones de áreas por ensayo y error en la parte superior izquierda de la primera tabla, los cálculos de los movimientos se realizan en la segunda tabla. El movimiento total se vuelve a calcular cada vez que intentamos una asignación nueva de áreas. El resultado es que la asignación mostrada es óptima con un movimiento de 430 pies.

PROGRAMA 6.1 ■

Uso del módulo de distribución de proceso de Excel OM para resolver el problema de Walters Company del ejemplo 1

Las columnas 1 y 2 juntas contienen todas las combinaciones posibles 6 por 6 = 36 de pares de áreas.

Obtenga el flujo de la tabla de flujos superior empleando = ÍNDICE(\$D\$8:\$L\$18,A28,B28).

Busque la distancia como = ÍNDICE(\$D\$16:\$I\$21,D28,E28).

Los cálculos continúan abajo de la fila 29.

= C28*F28

| Process num | Room assign | Flow table | Dept. 1 | Dept. 2 | Dept. 3 | Dept. 4 | Dept. 5 | Dept. 6 |
|-------------|-------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 1 Dept. 1 | | | 50 | 100 | | | 20 |
| 2 | 2 Dept. 2 | | | | 30 | 50 | 10 | |
| 3 | 5 Dept. 3 | | | | | 20 | | 100 |
| 4 | 3 Dept. 4 | | | | | | 50 | |
| 5 | 6 Dept. 5 | | | | | | | |
| 6 | 4 Dept. 6 | | | | | | | |

| Distance to | Room 1 | Room 2 | Room 3 | Room 4 | Room 5 | Room 6 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Room 1 | | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| Room 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Room 3 | 2 | 1 | | 2 | 1 | 1 |
| Room 4 | 1 | 1 | 2 | | 1 | 2 |
| Room 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| Room 6 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | |

| First dept | Second dept | Flow | First room | Second room | Distance | Product |
|------------|-------------|------|------------|-------------|----------|---------|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 50 | 1 | 2 | 1 | 50 |
| 1 | 3 | 100 | 1 | 5 | 1 | 100 |

Excel OM no incluye el módulo de balanceo de la línea de ensamble.

Observe que ésta es sólo una pequeña modificación de la ecuación objetivo de costo que se mostró antes en este capítulo.

Lord supone que los departamentos adyacentes, como la entrada y el área de examen 1, tienen una distancia aproximada de 10 pies. También los departamentos en diagonal se consideran adyacentes y se les asigna una distancia de 10 pies. Los departamentos no adyacentes, como la entrada y el área de examen 2 o la entrada y la sala de recuperación,

están separados 20 pies de distancia, y las áreas no adyacentes, como la entrada y rayos X, tienen una separación de 30 pies. (Por lo tanto, 10 pies se consideran 10 unidades de costo, 20 pies son 20 unidades de costo y 30 pies son 30 unidades de costo).

Con esta información, elabore nuevamente la distribución del hospital Snow-Bird para mejorar su eficiencia en términos de flujo de pacientes.

SOLUCIÓN

Primero, establezca la distribución actual del hospital Snow-Bird, como se muestra en la figura 6.16. Al analizar la distribución actual del Snow-Bird, se calcula el movimiento de pacientes.

$$\begin{aligned}
 \text{Movimiento total} &= (100 \times 10') + (100 \times 20') + (50 \times 20') + (20 \times 10') \\
 &\quad 1 \text{ a } 2 \quad 1 \text{ a } 3 \quad 2 \text{ a } 4 \quad 2 \text{ a } 5 \\
 &+ (30 \times 10') + (30 \times 20') + (20 \times 30') + (20 \times 10') \\
 &\quad 3 \text{ a } 4 \quad 3 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 8 \\
 &+ (20 \times 10') + (10 \times 30') + (30 \times 10') \\
 &\quad 5 \text{ a } 6 \quad 5 \text{ a } 8 \quad 6 \text{ a } 7 \\
 &= 1,000 + 2,000 + 1,000 + 200 + 300 + 600 + 600 \\
 &\quad + 200 + 200 + 300 + 300 \\
 &= 6,700 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

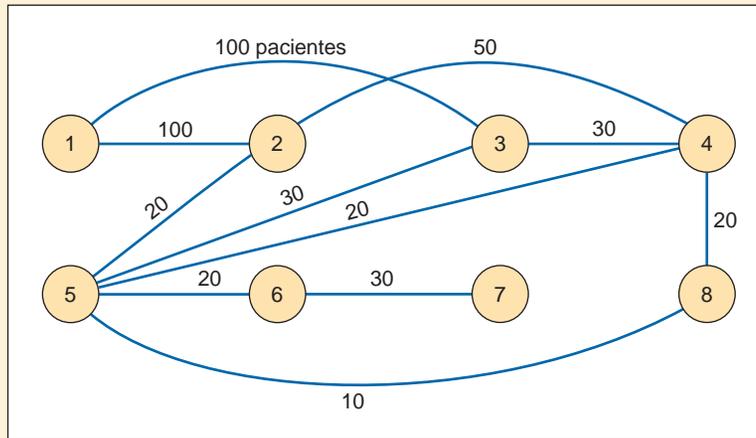


FIGURA 6.16 ■ Flujo actual de pacientes en Snow-Bird

Proponga una nueva distribución que reduzca la cifra de 6,700 pies. Dos modificaciones útiles son, por ejemplo, cambiar el área 3 por la 5 e intercambiar las áreas 4 y 6. Este cambio dio como resultado el esquema que se muestra en la figura 6.17.

$$\begin{aligned}
 \text{Movimiento total} &= (100 \times 10') + (100 \times 10') + (50 \times 10') + (20 \times 10') \\
 &\quad 1 \text{ a } 2 \quad 1 \text{ a } 3 \quad 2 \text{ a } 4 \quad 2 \text{ a } 5 \\
 &+ (30 \times 10') + (30 \times 20') + (20 \times 10') + (20 \times 20') \\
 &\quad 3 \text{ a } 4 \quad 3 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 5 \quad 4 \text{ a } 8 \\
 &+ (20 \times 10') + (10 \times 10') + (30 \times 10') \\
 &\quad 5 \text{ a } 6 \quad 5 \text{ a } 8 \quad 6 \text{ a } 7 \\
 &= 1,000 + 1,000 + 500 + 200 + 300 + 600 + 200 \\
 &\quad + 400 + 200 + 100 + 300 \\
 &= 4,800 \text{ pies}
 \end{aligned}$$

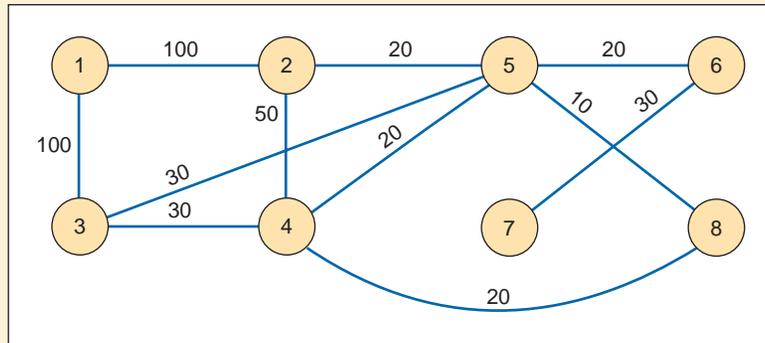


FIGURA 6.17 ■ Distribución mejorada

¿Considera que se podría hacer alguna otra mejora?

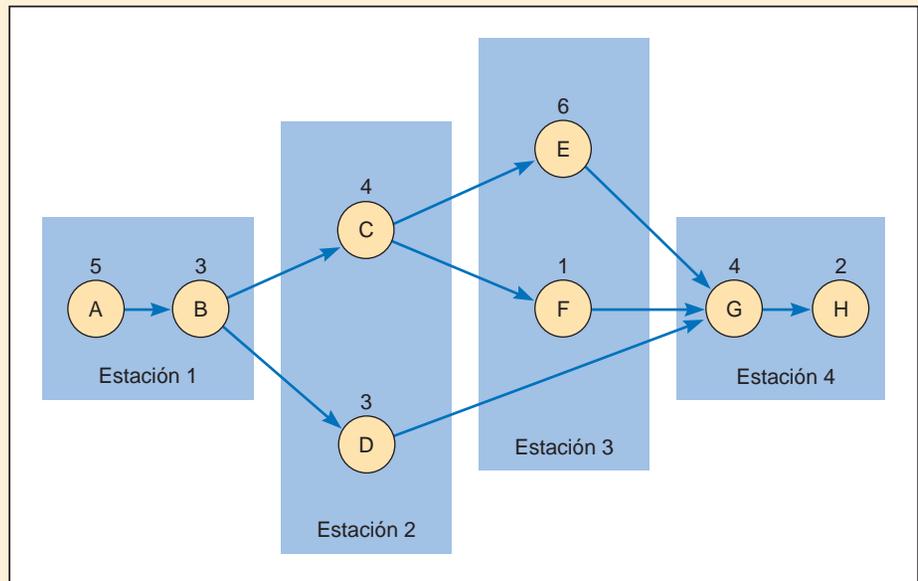
Problema resuelto 6.2

La línea de ensamble cuyas actividades se muestran en la figura 6.18 tiene un tiempo de ciclo de 8 minutos. Dibuje la gráfica de precedencias y encuentre el menor número posible de estaciones de trabajo. Después arregle las actividades en las estaciones de trabajo con el propósito de balancear la línea. ¿Cuál es la eficiencia de su balanceo de línea?

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS) | LA TAREA DE SEGUIR A ESTA TAREA |
|-------|-------------------------------|---------------------------------|
| A | 5 | — |
| B | 3 | A |
| C | 4 | B |
| D | 3 | B |
| E | 6 | C |
| F | 1 | C |
| G | 4 | D, E, F |
| H | $\frac{2}{28}$ | G |

FIGURA 6.18 ■

Solución con cuatro estaciones para el problema de balanceo de línea



SOLUCIÓN

El número teórico mínimo de estaciones de trabajo es

$$\frac{\sum t_i}{\text{Tiempo de ciclo}} = \frac{28 \text{ minutos}}{8 \text{ minutos}} = 3.5 \text{ o } 4 \text{ estaciones}$$

En la figura 6.18 se muestran la gráfica de precedencias y una buena distribución.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{tiempo total de tarea}}{(\text{número de estaciones}) (\text{tiempo de ciclo})} = \frac{28}{(4)(8)} = 87.5\%$$

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Problemas de tarea en Internet
- Casos en Internet
- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Cuáles son las seis estrategias de distribución presentadas en este capítulo?
2. ¿Cuáles son los tres factores que complican la distribución de posición fija?
3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la distribución del proceso?
4. ¿De qué forma podría un analista obtener datos y determinar el número de viajes en:
 - a) ¿un hospital?
 - b) ¿un taller de producción por pedido?
 - c) ¿un taller de reparación de automóviles?
5. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la distribución orientada al producto?
6. ¿Cuáles son las cuatro suposiciones (o precondiciones) para establecer la distribución orientada a productos de alto volumen y baja variedad?
7. ¿Cuáles son las tres formas de células de trabajo que se analizaron?
8. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las células de trabajo?
9. ¿Cuáles son los requerimientos para que sea apropiado un centro de trabajo enfocado o una fábrica enfocada?
10. ¿Cuáles son las dos tendencias principales que influyen en la distribución de oficinas?
11. ¿Cuáles son las variables de distribución que consideraría particularmente importantes en la distribución física de una oficina donde se crean programas de cómputo?
12. ¿Qué innovaciones ha notado recientemente en la distribución física de las tiendas?
13. ¿Cuáles son las variables que el administrador manipula en la distribución física de las tiendas?
14. Visite un supermercado y elabore un boceto de su distribución. ¿Qué observa respecto de los departamentos y su ubicación?
15. ¿Qué significa almacenamiento aleatorio?
16. ¿Qué información es necesaria para que funcione el almacenamiento aleatorio?
17. Explique el concepto de almacenamiento cruzado.
18. ¿Qué es una técnica heurística? Mencione algunos procedimientos que puedan usarse para balancear la línea de ensamble.

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

Durante la última década los supermercados han experimentado grandes cambios, ahora muchos de ellos incluyen servicios de tintorería, renta de video, florerías, sucursales bancarias, panaderías y otros servicios de este tipo. Sin embargo, la distribución real de los pasillos ha cambiado poco durante los últimos 50 años. Muchos supermercados tienen largos pasillos ininterrumpidos con anaqueles altos. Otros, como Leonard's Dairy Store en Norwalk, Connecticut, se diseñaron para que resulte casi imposible girar el carro de compras una vez que el cliente entra en un pasillo. El con-

trol del flujo de la ruta del comprador puede representar una mayor exposición a los artículos de alto margen y mayores ventas.

Analice las características de los supermercados donde compra. ¿La tienda interrumpe los largos pasillos con pasillos "cruzados" o, bien, cuenta con productos agrupados? ¿Por qué? ¿Qué tipos de artículos ocupan las cabeceras de pasillo? ¿Cómo logra un producto posicionarse en una cabecera de pasillo? ¿Qué otras características singulares de distribución observa y cuáles son sus ventajas y desventajas?

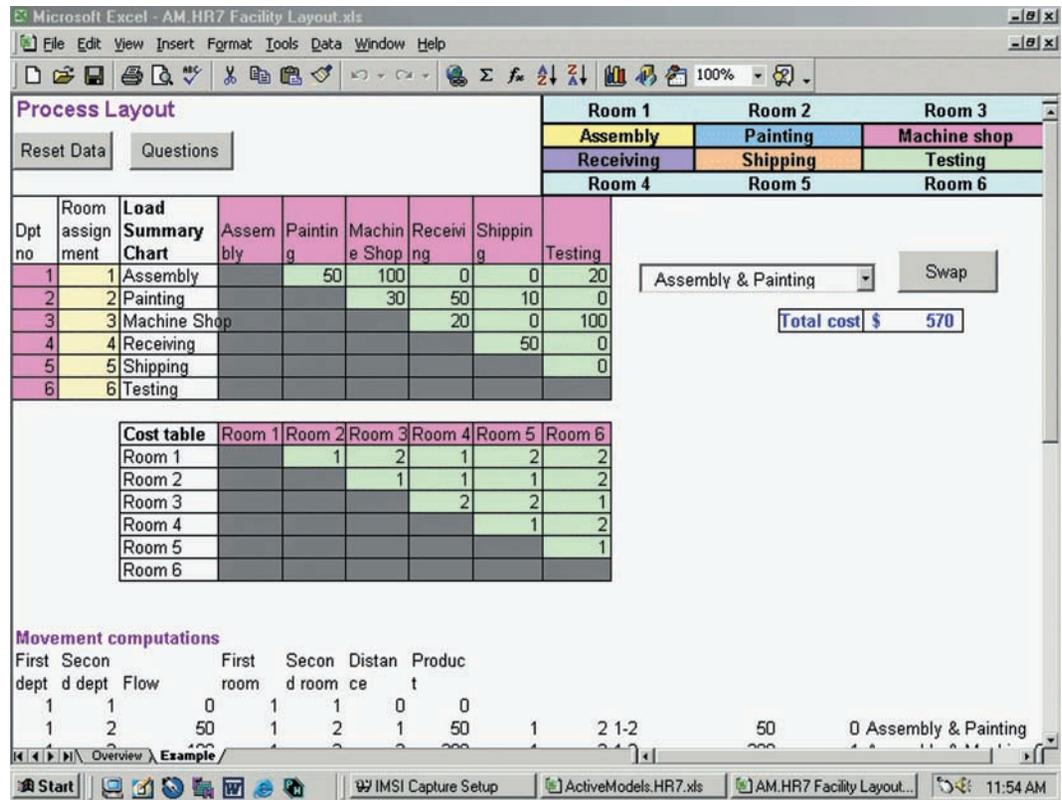


EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este modelo activo le permite evaluar los parámetros en el análisis de la distribución orientada al proceso. El modelo activo 6.1 contiene un mecanismo para el intercambio por pares de procesos en las áreas. Existe un recuadro para indicar al software qué par de procesos intercambiar. Tiene un botón **Swap** para hacer el intercambio. Si el cambio no ayu-

MODELO ACTIVO 6.1

Modelo de distribución de proceso con los datos de Walters Co. del ejemplo 1



da, entonces presionar de nuevo el botón Swap regresará los procesos a las áreas donde se encontraban antes del intercambio.

Preguntas

1. ¿Cuál es el costo total actual?
2. Ensamble (Assembly) y taller intermitente (Machine Shop) tienen el grado de interacción más alto. ¿Sería mejor intercambiar ensamble y pintura (Painting) o taller intermitente y pintura para que ensamble y taller intermitente queden cerca?
3. Use el botón Swap para un intercambio a la vez. Si el intercambio ayuda, mueva el siguiente par. En caso contrario, presione Swap otra vez para regresar los departamentos a su lugar. ¿Cuál es el costo total mínimo después de intentar todos los intercambios?
4. Observe las dos tablas de datos y use la segunda columna de la primera tabla para colocar los procesos en las áreas. ¿Cuál fue la asignación de áreas que lleva al costo mínimo? ¿Cuál es el costo?

PROBLEMAS*

P 6.1

La inscripción de Southern University siempre se ha caracterizado por ser una temporada de emoción, conmoción y colas. Los estudiantes deben moverse entre cuatro puestos de atención para completar el proceso semestral de preinscripción. Las inscripciones del último semestre realizadas en el gimnasio, se describen en la figura 6.19. Se observa, por ejemplo, que 450 estudiantes se desplazaron del puesto de los formatos (A) al de asesoría (B) y 550 fueron directamente de A a recoger sus tarjetas a (C). Los estudiantes graduados, en su mayoría inscritos desde antes, procedieron directamente de A al puesto de verificación y pago de la inscripción (D). La distribución utilizada el semestre anterior también se muestra en la figura 6.19. En este momento se preparan los puestos para las nuevas inscripciones y se espera un número similar de alumnos.

- a) ¿Cuál es la “carga × distancia” o “costo de los movimientos” en la distribución que se muestra?
- b) Proporcione una distribución mejorada y calcule su costo de movimiento.

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; **W** significa que el problema se resuelve con Excel OM; y **PW** que se resuelve con POM para Windows o con Excel OM.

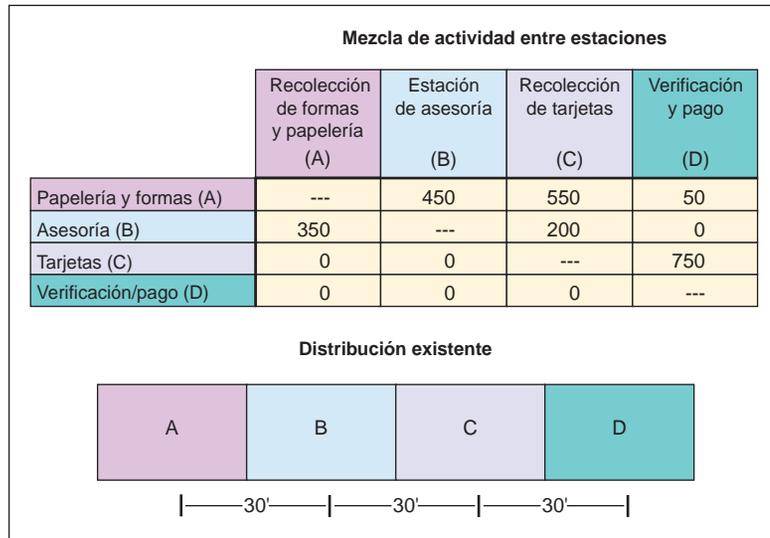


FIGURA 6.19 ■ Flujo de estudiantes en la inscripción

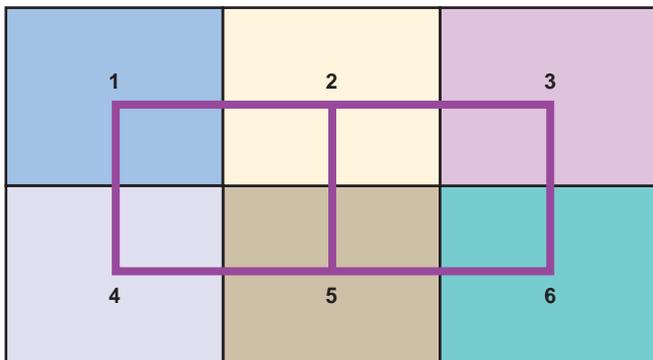
P_x : 6.2

David Jackson Enterprises, un taller de maquinaria, planea moverse a un lugar nuevo, más grande. El nuevo edificio tendrá 60 pies de largo y 40 de ancho. Jackson visualiza que el edificio tendrá seis áreas distintas de producción, más o menos del mismo tamaño. Para él la seguridad es muy importante y quiere tener señalados los caminos en todo el edificio para facilitar el movimiento de personas y materiales. Revise el esquema del edificio más adelante. Su brazo derecho ha concluido un estudio sobre el número de cargas de material que se han movido de un proceso a otro en el edificio actual durante todo un mes. Esta información se vació en la matriz de flujo que se presenta a continuación. ¿Cuál es la distribución apropiada para el nuevo edificio?

Matriz de flujo entre los procesos de producción

| A DE | MATERIALES | SOLDADURA | TALADROS | TORNOS | MOLINOS | DOBLADORAS |
|------------|------------|-----------|----------|--------|---------|------------|
| Materiales | 0 | 100 | 50 | 0 | 0 | 50 |
| Soldadura | 25 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 |
| Taladros | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 |
| Tornos | 0 | 25 | 0 | 0 | 20 | 0 |
| Molinos | 50 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Dobladoras | 10 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 |

Esquema del edificio (con áreas 1–6)



| Distancia entre áreas | | | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | --- | 20 | 40 | 20 | 40 | 60 |
| 2 | 20 | --- | 20 | 40 | 20 | 40 |
| 3 | 40 | 20 | --- | 60 | 40 | 20 |
| 4 | 20 | 40 | 60 | --- | 20 | 40 |
| 5 | 40 | 20 | 40 | 20 | --- | 20 |
| 6 | 60 | 40 | 20 | 40 | 20 | --- |

P : 6.3

Seis procesos deben ubicarse en seis áreas a lo largo de un corredor en Tabitha McCuan Bookkeeping Service. La distancia entre los centros de trabajo adyacentes es 40 pies. El número de viajes entre los centros de trabajo se da en la siguiente tabla.

| VIAJES ENTRE ÁREAS | | | | | | |
|--------------------|-------|----|----|----|----|----|
| DESDE | HACIA | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F |
| A | | 18 | 25 | 73 | 12 | 54 |
| B | | | 96 | 23 | 31 | 45 |
| C | | | | 41 | 22 | 20 |
| D | | | | | 19 | 57 |
| E | | | | | | 48 |
| F | | | | | | |

- a) Asigne los procesos a las áreas de manera que se minimice el flujo total con un método que coloque las áreas con mayor flujo adyacentes.
- b) ¿Qué asignación minimiza el flujo de tráfico total?

P : 6.4

Usted acaba de ser contratado como director de operaciones de Reid Chocolates, un proveedor de confitería fina. Reid Chocolates está considerando dos distribuciones de cocina para su departamento de creación de recetas y pruebas. La estrategia es proporcionar la mejor distribución de cocina posible con el propósito de que los ingenieros en alimentos puedan dedicar su tiempo y energía a mejorar los productos, sin desperdiciar su esfuerzo en la cocina. Le han solicitado evaluar las dos distribuciones de cocina siguientes y preparar una recomendación para su jefe, el señor Reid, para que él autorice el contrato de construcción de las cocinas. (Véase la figura 6.20).

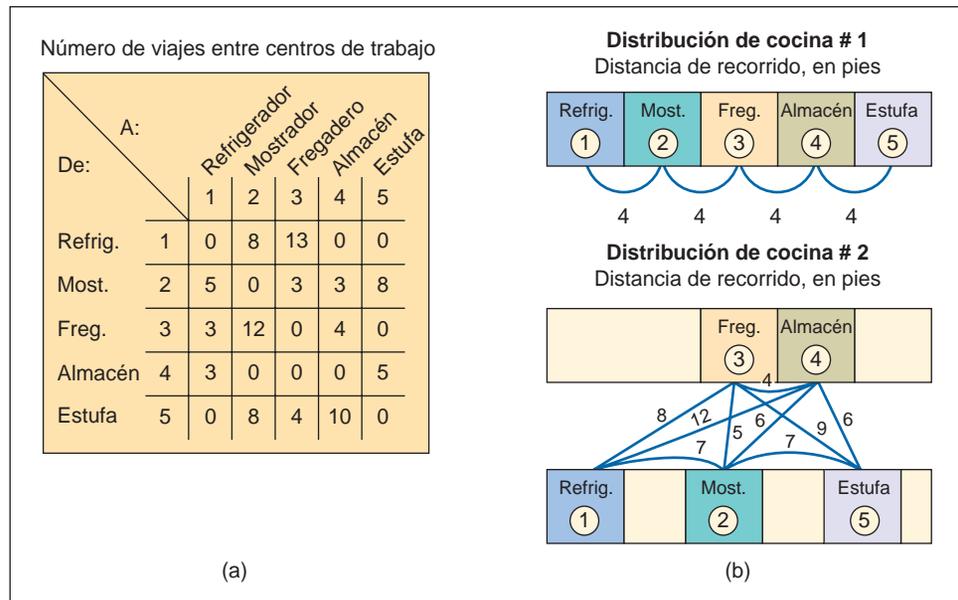
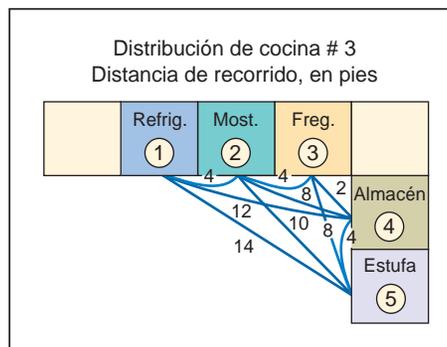


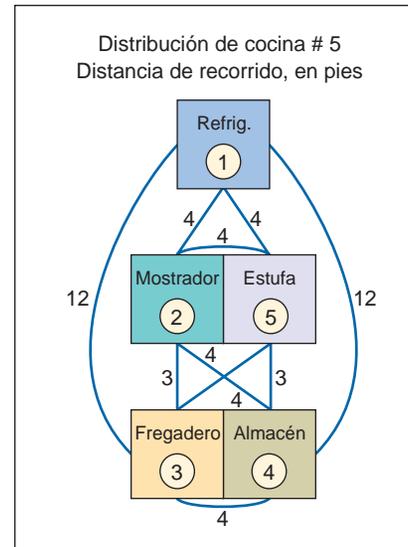
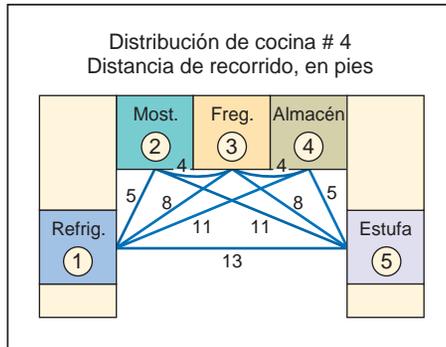
FIGURA 6.20 ■ Opciones de distribución

P : 6.5

Reid Chocolates (véase el problema 6.4) está considerando una tercera distribución, como se muestra en seguida. Evalúe su efectividad en distancia de viajes en pies.



- P : 6.6** Reid Chocolates (véanse los problemas 6.4 y 6.5) tiene dos distribuciones más por considerar.
- La distribución # 4 se muestra abajo. ¿Cuál es la distancia total de viaje?
 - ¿Qué distancia total de viaje tiene la distribución # 5?



- P : 6.7** Temple Toy Company decidió fabricar un nuevo tractor de juguete, cuya producción se divide en seis pasos. La demanda para el tractor es 4,800 unidades por semana de trabajo de 40 horas:

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN | |
|-------|---------------------|--------------|
| | (EN SEGUNDOS) | PREDECESORES |
| A | 20 | Ninguno |
| B | 30 | A |
| C | 15 | A |
| D | 15 | A |
| E | 10 | B, C |
| F | 30 | D, E |

- Dibuje un diagrama de precedencias para esta operación.
 - Dada la demanda, ¿cuál es el tiempo del ciclo para esta operación?
 - ¿Cuál es el número mínimo teórico de estaciones de trabajo?
 - Asigne las tareas a las estaciones de trabajo.
 - ¿Cuál es la eficiencia global de la línea de ensamble?
- P : 6.8** South Carolina Furniture, Inc. produce todo tipo de muebles para oficina. La “secretarial ejecutiva” es una silla ergonómica que ofrece comodidad durante largas horas de trabajo. La silla se vende en \$130. Hay 480 minutos disponibles durante un día y la demanda diaria promedio ha sido 50 sillas. Comprende ocho tareas.

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN | |
|-------|---------------------|---|
| | (MINUTOS) | LA TAREA DE SEGUIR A LA TAREA ENUMERADA ABAJO |
| A | 4 | — |
| B | 7 | — |
| C | 6 | A, B |
| D | 5 | C |
| E | 6 | D |
| F | 7 | E |
| G | 8 | E |
| H | 6 | F, G |

- Dibuje un diagrama de precedencias para esta operación.
- ¿Cuál es el tiempo del ciclo para esta operación?
- ¿Cuál es el número mínimo de estaciones de trabajo?
- Asigne las tareas a las estaciones de trabajo.
- ¿Cuál es la eficiencia global de la línea de ensamble?

- P : 6.9** La siguiente tabla detalla las tareas necesarias para que T. Liscio Industries, de Dallas, fabrique una aspiradora industrial totalmente portátil. En la tabla los tiempos se dan en minutos. Los pronósticos de la demanda indican la necesidad de operar con un tiempo de ciclo de 10 minutos.

| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD | PREDECESORES INMEDIATOS | TIEMPO |
|-----------|-----------------------------------|-------------------------|--------|
| A | Integrar llantas al contenedor | — | 5 |
| B | Integrar el motor a la tapa | — | 1.5 |
| C | Integrar el paquete de batería | B | 3 |
| D | Integrar interruptor de seguridad | C | 4 |
| E | Integrar filtros | B | 3 |
| F | Integrar tapa al contenedor | A, E | 2 |
| G | Ensamble de aditamentos | — | 3 |
| H | Prueba de funcionamiento | D, F, G | 3.5 |
| I | Inspección final | H | 2 |
| J | Empaque | I | 2 |

- Dibuje la red adecuada para este proyecto.
- ¿Qué tareas se asignan a qué estación de trabajo y cuánto tiempo muerto se observa?
- Analice la forma en que se mejoraría el balanceo para lograr 100%.

- P : 6.10** Tailwind, Inc. produce zapatos caros pero de alta calidad para el entrenamiento de corredores. El zapato Tailwind, que se vende en \$110, tiene dos compartimientos de relleno, con gas y con líquido, para brindar más estabilidad y proteger mejor a la rodilla, pie y espalda contra lesiones. La fabricación de estos zapatos requiere 10 tareas individuales. Se cuenta con 400 minutos diarios en la planta para la manufactura de los zapatos. La demanda diaria es 60. La información sobre las tareas es la siguiente:

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS) | LA TAREA DEBE SEGUIR A LA TAREA ENUMERADA ABAJO |
|-------|-------------------------------|---|
| A | 1 | — |
| B | 3 | A |
| C | 2 | B |
| D | 4 | B |
| E | 1 | C, D |
| F | 3 | A |
| G | 2 | F |
| H | 5 | G |
| I | 1 | E, H |
| J | 3 | I |

Dibuje el diagrama de precedencias. Asigne las tareas para el número factible mínimo de estaciones de trabajo de acuerdo con la regla de decisión del “tiempo restante más largo”. ¿Cuál es la eficiencia del proceso?

- P : 6.11** El Match 10 es un velero de una plaza diseñado para navegar en el mar. Fabricado por Creative Leisure, el Match 10 soporta vientos de hasta 40 millas por hora y olas de más de 10 pies. La planta de ensamble final se encuentra en Cupertino, California. En este momento dispone de 200 minutos cada día para la manufactura del Match 10. La demanda diaria es 60 botes. Con la siguiente información, dibuje el diagrama de precedencias y asigne tareas al menor número posible de estaciones de trabajo. ¿Cuál es la eficiencia de esta línea de ensamble?

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS) | LA TAREA DEBE SEGUIR A LA TAREA ENUMERADA ABAJO |
|-------|-------------------------------|---|
| A | 1 | — |
| B | 1 | A |
| C | 2 | A |
| D | 1 | C |
| E | 3 | C |
| F | 1 | C |
| G | 1 | D, E, F |
| H | 2 | B |
| I | 1 | G, H |

- P : 6.12** Debido a la elevada demanda esperada del Match 10, Creative Leisure decidió aumentar el tiempo disponible de manufactura del Match 10 (véase el problema 6.11). Si la demanda permanece igual y se dispusiera de 300 minutos cada día, ¿cuántas estaciones de trabajo se necesitarían? ¿Cuál sería la eficiencia del sistema? ¿Cuál sería el efecto en el sistema si se dispusiera de 400 minutos?

- P : 6.13** Si sólo se contara con 375 minutos cada día (después del tiempo de descanso y demoras del personal), ¿cuál es el número máximo de veleros Match 10 (véase el problema 6.11) que podría producir diariamente Creative Leisure?
- P : 6.14** Nearbeer Products, Inc. elabora bebidas que saben igual que una buena cerveza de barril pero sin alcohol. Con los cambios en las leyes sobre bebidas y demográficos, ha crecido el interés por la Nearbeer Lite. Contiene menos calorías que una cerveza normal, es menos pesada y muy sabrosa. La operación del empaque final requiere 13 tareas. La fábrica embotella Nearbeer Lite 5 horas por día, 5 días a la semana. Cada semana la demanda es 3 mil botellas de esta bebida. Con la información que se muestra a continuación, dibuje el diagrama de precedencias. Asigne tareas al número mínimo factible de estaciones de trabajo de acuerdo con la regla de decisión del mayor tiempo restante. ¿Cuál es la eficiencia del proceso?

Datos para los problemas 6.14 y 6.15

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (MINUTOS) | LA TAREA DEBE SEGUIR A LA TAREA ENUMERADA ABAJO |
|-------|-------------------------------|---|
| A | 0.1 | — |
| B | 0.1 | A |
| C | 0.1 | B |
| D | 0.2 | B |
| E | 0.1 | B |
| F | 0.2 | C, D, E |
| G | 0.1 | A |
| H | 0.1 | G |
| I | 0.2 | H |
| J | 0.1 | I |
| K | 0.2 | F |
| L | 0.2 | J, K |
| M | 0.1 | L |

- P : 6.15** El presidente de Nearbeer, Pete Nasta, considera que la demanda semanal de la Nearbeer Lite podría rebasar su producción (véase el problema 6.14). ¿De qué forma tendría que cambiar la línea de ensamble si la demanda aumentara a 4,500?
- P : 6.16** Suponga que aumentan los requerimientos de producción en el problema resuelto 6.2 y que se necesita reducir el tiempo del ciclo de 8 a 7 minutos. Balancee la línea una vez más para el nuevo tiempo del ciclo. Observe que no es posible combinar los tiempos de las tareas como para agruparlas en el número mínimo de estaciones de trabajo. Esta situación ocurre con bastante frecuencia en los problemas reales de balanceo.
- P : 6.17** La doctora Becky Mitchel, administradora de operaciones de Mesa Electronics, se jacta de su excelente balanceo en la línea de ensamble. Se le comunicó que la empresa necesita completar 96 instrumentos por cada 24 horas del día. Las actividades de la línea de ensamble son:

| TAREA | TIEMPO DE EJECUCIÓN (EN MINUTOS) | PREDECESORES |
|-------|----------------------------------|--------------|
| A | 3 | Ninguno |
| B | 6 | Ninguno |
| C | 7 | A |
| D | 5 | A, B |
| E | 2 | B |
| F | 4 | C |
| G | 5 | F |
| H | 7 | D, E |
| I | 1 | H |
| J | 6 | E |
| K | 4 | G, I, J |
| | 50 | |

- Dibuje el diagrama de precedencias.
- Si la tasa de producción diaria (24 horas) es 96 unidades, ¿cuál es el mayor tiempo del ciclo posible?
- Si el tiempo del ciclo después de los descansos de 10 minutos, ¿cuál es la tasa de producción diaria (24 horas)?
- Con un tiempo de ciclo de 10 minutos, ¿cuál es el número mínimo teórico de estaciones con el que la línea estaría balanceada?
- Con un tiempo de ciclo de 10 minutos y seis estaciones de trabajo, ¿cuál es la eficiencia?
- ¿Cuál es el tiempo muerto total por ciclo con un tiempo de ciclo de 10 minutos y seis estaciones de trabajo?
- ¿Cuál es la mejor asignación a las estaciones de trabajo sin exceder los 10 minutos de tiempo de ciclo y cuál es su eficiencia?

- P : 6.18** Con los siguientes datos que describen un problema de balanceo de línea en la compañía de Kate Moore, desarrolle una solución posible con un tiempo de ciclo de 3 minutos. ¿Cuál es la eficiencia de la línea? ¿Cuántas unidades se producirán en 480 minutos por día?

| ELEMENTO DE TAREA | TIEMPO (MINUTOS) | ELEMENTO PREDECESOR |
|-------------------|------------------|---------------------|
| A | 1 | — |
| B | 1 | A |
| C | 2 | B |
| D | 1 | B |
| E | 3 | C, D |
| F | 1 | A |
| G | 1 | F |
| H | 2 | G |
| I | 1 | E, H |

- 6.19** El examen físico de prerreclutamiento en la U.S. Army comprende las siguientes actividades:

| ACTIVIDAD | TIEMPO PROMEDIO (MINUTOS) |
|--|---------------------------|
| Historial clínico | 10 |
| Análisis de sangre | 8 |
| Examen de los ojos | 5 |
| Medidas (peso, estatura, presión arterial) | 7 |
| Examen médico | 16 |
| Entrevista psicológica | 12 |
| Salida de la evaluación médica | 10 |

Estas actividades tendrán cualquier orden, con excepción de dos: el historial clínico debe realizarse primero y la salida de la evaluación médica es la última. En este momento hay tres paramédicos y dos médicos de guardia en cada turno. Sólo los médicos pueden realizar las evaluaciones de salida y llevar a cabo las entrevistas psicológicas. Las otras actividades pueden realizarlas tanto los médicos como los paramédicos.

- Desarrolle una distribución y balancee la línea. ¿Cuántas personas se procesan por hora?
- ¿A qué actividad se debe el cuello de botella actual?
- Si fuera posible agregar un médico y un paramédico, ¿cómo volvería a dibujar la distribución? ¿Cuál sería la nueva tasa de salida?

- P : 6.20** Mientras McGuire Bicycle Co. de St. Louis termina los planes para su nueva línea de ensamble, identifica 25 tareas diferentes en el proceso de producción. La vicepresidenta de operaciones, Lou McGuire, ahora se enfrenta a la tarea de balancear la línea. Hace una lista de las precedencias y proporciona las estimaciones de tiempos para cada paso, con base en las técnicas de muestreo de trabajo. Su meta es producir mil bicicletas durante una semana de trabajo estándar de 40 horas.

| TAREA | TIEMPO (SEGUNDOS) | TAREAS PREDECESORAS | TAREA | TIEMPO (SEGUNDOS) | TAREAS PREDECESORAS |
|-------|-------------------|---------------------|-------|-------------------|---------------------|
| K3 | 60 | — | E3 | 109 | F3 |
| K4 | 24 | K3 | D6 | 53 | F4 |
| K9 | 27 | K3 | D7 | 72 | F9, E2, E3 |
| J1 | 66 | K3 | D8 | 78 | E3, D6 |
| J2 | 22 | K3 | D9 | 37 | D6 |
| J3 | 3 | — | C1 | 78 | F7 |
| G4 | 79 | K4, K9 | B3 | 72 | D7, D8, D9, C1 |
| G5 | 29 | K9, J1 | B5 | 108 | C1 |
| F3 | 32 | J2 | B7 | 18 | B3 |
| F4 | 92 | J2 | A1 | 52 | B5 |
| F7 | 21 | J3 | A2 | 72 | B5 |
| F9 | 126 | G4 | A3 | 114 | B7, A1, A2 |
| E2 | 18 | G5, F3 | | | |

- Balancee esta operación usando varias técnicas heurísticas. ¿Cuál es la mejor?
- ¿Qué pasa si la empresa cambia la semana de trabajo a 41 horas?



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: del 9.21 al 9.24.

CASO DE ESTUDIO

Renovación de la licencia de manejo del estado

Henry Coupe, administrador de operaciones de la sucursal metropolitana del Departamento de vehículos automotores del estado, intentó analizar las operaciones para la renovación de licencias de manejo. Tuvo que realizar varios pasos. Después de analizar el proceso, identificó esos pasos y el tiempo necesario asociado con cada uno, como se muestra en la siguiente tabla:

Tiempos del proceso de renovación de licencias de manejo

| PASO | TIEMPO PROMEDIO DE REALIZACIÓN (SEGUNDOS) |
|--|---|
| 1. Revisar que la solicitud de renovación sea correcta | 15 |
| 2. Procesar y registrar el pago | 30 |
| 3. Revisar el archivo de infracciones y restricciones | 60 |
| 4. Realizar examen de la vista | 40 |
| 5. Tomar fotografía del solicitante | 20 |
| 6. Emitir la licencia temporal | 30 |

Coupe encontró que cada paso estaba asignado a una persona distinta. Cada solicitud era un proceso separado en la secuencia que se muestra y determinó que su oficina debía prepararse para una demanda máxima de procesamiento de 120 solicitudes de renovación por hora.

Observó que el trabajo estaba dividido de manera desigual entre los oficinistas y que quien revisaba las infracciones tendía a abreviar sus tareas para seguir el ritmo de los otros. Durante los periodos de máxima demanda se formaban grandes colas.

Coupe también encontró que los pasos 1 a 4 estaban manejados por oficinistas generales a quienes se les pagaba \$12 por hora. El paso 5 estaba a cargo de un fotógrafo cuyo salario era \$16 la hora. (Las sucursales pagaban \$10 por hora por cada cámara que fotografiara). De acuerdo con la política del estado, el paso 6, la emisión de licencias temporales, debía realizarlo oficiales uniformados del departamento de vehículos automotores. Estos oficiales ganaban \$18 por hora, pero se les podía asignar cualquier trabajo excepto fotografía.

Una revisión de las tareas mostró que el paso 1, la revisión de las solicitudes, debía hacerse antes de efectuar cualquier otro paso. De manera semejante, el paso 6, la emisión de licencias temporales, tampoco podía realizarse sino hasta haber concluido el resto de los pasos.

Henry Coupe estaba bajo una gran presión de aumentar la productividad y disminuir los costos; por otro lado, el director regional le había indicado que debía satisfacer la demanda de renovaciones, de no ser así, “cortaría algunas cabezas”.

Preguntas para analizar

1. ¿Cuál es el número máximo de solicitudes que pueden manejarse por hora con la configuración actual del proceso?
2. ¿Cuántas solicitudes se procesarán por hora si se agrega un segundo oficinista para revisar las infracciones?
3. Suponiendo que se agregara un oficinista, ¿cuál es el número máximo de solicitudes que puede manejar el proceso?
4. ¿Qué modificaciones al proceso sugeriría para procesar 120 solicitudes por hora?

Fuente: Actualizado de un caso de W. Earl Sasser, Paul R. Olson y D. Daryl Wyckoff, *Management of Services Operations: Text, Cases and Readings* (Boston: Allyn & Bacon).

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Distribución de las instalaciones en Wheeled Coach

Cuando el presidente Bob Collins comenzó su carrera en Wheeled Coach, la fábrica más grande de ambulancias en el mundo, sólo había unos cuantos empleados. La fuerza de trabajo de la planta en Florida ahora consta de 350 personas. La planta física también ha crecido, más oficinas, investigación y desarrollo, ensamble final, y células de trabajo para el cableado, los gabinetes y la tapicería en un edificio grande. El crecimiento obligó a que la célula de trabajo de pintura se instalara en otro edificio, la fabricación de la carrocería de aluminio y su instalación en otro, la inspección y el embarque en otro y en un quinto edificio, el almacén.

Igual que muchas otras compañías en crecimiento, Wheeled Coach no pudo diseñar sus instalaciones desde cero. Si bien la administración sabe que los costos del manejo de materiales son un poco más altos de lo

que podrían ser con una distribución ideal, Collins ve con agrado la forma en que han evolucionado las instalaciones y la adaptación de los empleados. La célula de trabajo encargada del corte de aluminio se encuentra adyacente a la fabricación de carrocerías que, a su vez, se localiza junto a la célula de trabajo para la instalación de carrocerías. Y aunque el vehículo debe llevarse a un edificio en la acera de enfrente para la pintura y después a otro para su ensamble final, por lo menos la ambulancia ya tiene ruedas. Collins también está satisfecho con la flexibilidad que muestra el diseño de las células de trabajo. La construcción por células es básicamente modular y se ajusta a los cambios en la mezcla de productos y el volumen. Además, las células de trabajo casi siempre son pequeñas y móviles, con muchos bancos de trabajo y gabinetes con ruedas para poder recomodarlos con facilidad y transportar los productos a la línea de ensamble.

El balanceo de la línea de ensamble es un problema clave que enfrenta Wheeled Coach y todo fabricante con trabajos repetitivos. Producidas con una programación basada en cuatro días de trabajo semanales de 10 horas, una vez que una ambulancia llega a una de las seis líneas de ensamble final, *debe* seguir avanzando cada día a la siguiente estación de trabajo. Balancear justo los trabajadores suficientes y las tareas en cada una de las siete estaciones de trabajo es todo un reto. Si hay demasiados trabajadores en la línea terminan tropezándose; si hay muy pocos no terminan una ambulancia en 7 días. La modificación constante del diseño y la mezcla y el análisis de mejoras, han llevado a cambios frecuentes.

Preguntas para analizar

1. ¿Cuáles son las técnicas de análisis disponibles para ayudar a compañías como Wheeled Coach a manejar los problemas de distribución?
2. ¿Qué sugerencias de distribución le haría a Bob Collins?
3. ¿Cómo mediría la “eficiencia” de esta distribución?

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: Visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Palm Beach Institute of Sports Medicine:** Trata todos los aspectos de distribución del espacio vacante para un gimnasio.
- **W&G Beer Distributorship:** Estudia la distribución de un almacén que entrega cerveza.
- **Microfix, Inc.:** Esta compañía necesita balancear su línea de ensamble de manufactura de computadoras personales y requiere el análisis de sensibilidad de las estimaciones de tiempo.
- **Des Moines National Bank:** Este edificio recién terminado necesita acomodar sus departamentos para optimizar la eficiencia.
- **Collier Technical College.:** La escuela debe decidir cuál de dos edificios satisface sus necesidades de expansión.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Toshiba; Ome Works (#696-059):** Maneja el diseño eficiente de la línea de ensamble de computadoras notebook en la fábrica de Ome, Japón.
- **Mouawad Bangkok Rare Jewels Manufacturers Co. Ltd. (A) (#696-056):** Pequeña fábrica tailandesa que se enfrenta a un problema del proceso de control de la producción.
- **Copeland Corp. (B) (#686-089):** Fabricante de Sydney, Australia que debe seleccionar entre dos alternativas posibles para su distribución de planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Azzam, Amy M. “Ready, Set, Flow”, *APICS-The Performance Advantage* (junio de 2001): 33-38.
- Bozer, Y. A. y R. D. Meller. “A Reexamination of the Distance-Based Layout Problem”, *IIE Transactions* 29, núm. 7 (julio de 1997): 549-560.
- Duggan, K. J. “Facilities Design for Lean Manufacturing”, *IIE Solutions* 30, núm. 12 (diciembre de 1998): 22-27.
- Francis, R. L., L. F. McGinnis y J. A. White. *Facility Layout and Location*, 3a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.
- Frazier, G. V. y M. T. Spriggs. “Achieving Competitive Advantage Through Group Technology”, *Business Horizons* 39, núm. 3 (mayo-junio de 1996): 83-90.
- Heim, Chris. “From Front to Back with e-Business”, *APICS-The Performance Advantage* 11, núm. 2 (febrero de 2001): 28-31.
- Heragu, Sunderesh. *Facilities Design*, Boston, MA: PWS Publishing Company, 1997.
- Houshyar, A. y B. White. “Comparison of Solution Procedures to the Facility Location Problem”. *Computers & Industrial Engineering* 32, núm. 1 (enero de 1997): 77-87.
- Hyer, N. L. y K. H. Brown. “The Discipline of Real Cells”, *Journal of Operations Management* 17, núm. 5 (agosto de 1999): 557-574.
- Meller, R. D. y K. Y. Gau. “The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspectives”, *Journal of Manufacturing Systems* 15, núm. 5 (1996): 351-366.
- Morris, J. S. y R. J. Tersine. “A Comparison of Cell Loading Practices in Group Technology”, *Journal of Manufacturing and Operations Management* 2, 4 (invierno de 1989): 299.
- Owen, Robin. “Modeling Future Factories”, *IIE Solutions* (agosto de 2001): 24-35.
- Suresh, N. C. y J. M. Kay, eds., *Group Technology and Cellular Manufacturing: A State-of-the-Art Synthesis of Research and Practice*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- Upton, David. “What Really Makes Factories Flexible”, *Harvard Business Review* 73, núm. 4 (julio-agosto de 1995): 74-84.
- Winarchick, C. y R. D. Caldwell. “Physical Interactive Simulation: A Hands-On Approach to Facilities Improvements”, *IIE Solutions* 29, núm. 5 (mayo de 1997): 34-42.



RECURSOS DE INTERNET

Software para la distribución física de comercios de Cimtechnologies:

<http://www.cimtech.com>

Flujo de fábrica para el análisis de la distribución:

http://www.eds.com/products/plm/efactory_products/flow.shtml

Varios planes de diseño de instalaciones:

<http://www.manufacturing.net/magazine/mmh/>

Estrategias de localización

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LA LOCALIZACIÓN DA VENTAJA COMPETITIVA A FEDERAL EXPRESS

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA LOCALIZACIÓN

FACTORES QUE AFECTAN LAS DECISIONES DE LOCALIZACIÓN

- Productividad laboral
- Tipo de cambio y riesgos en la paridad cambiaria
- Costos
- Actitudes
- Cercanía a los mercados
- Cercanía a los proveedores
- Cercanía a los competidores (agrupamiento)

MÉTODOS PARA EVALUAR LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN

- Método de calificación de factores
- Análisis de punto de equilibrio de la localización
- Método del centro de gravedad
- Modelo de transporte

ESTRATEGIA DE LOCALIZACIÓN PARA LOS SERVICIOS

- Cómo seleccionan los lugares las cadenas de hoteles
- La industria del telemarketing
- Sistemas de información geográfica

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

USO DE EXCEL OM PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN

USO DE POM PARA WINDOWS

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: SOUTHERN RECREATIONAL VEHICLE COMPANY, CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE AMBROSE

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: DÓNDE UBICAR EL SIGUIENTE CAFÉ DE HARD ROCK

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Objetivo de la estrategia de localización

Aspectos de localización internacional

Agrupamiento

Sistemas de información geográfica

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Tres métodos para resolver el problema de localización:

- Método de calificación de factores
- Análisis del punto de equilibrio de localización
- Método de centro de gravedad

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

La localización da ventaja competitiva a Federal Express

La estación generadora del envío nocturno de Federal Express ha creído en el concepto de un eje central de operaciones durante sus 38 años de existencia. Aun cuando Fred Smith, su fundador y director general, obtuvo una C en la universidad al proponer el eje central de operaciones para la entrega de paquetes pequeños, la idea ha resultado ser muy exitosa. La empresa, de 18,000 millones de dólares, comenzó con un eje de operaciones en Memphis, Tennessee, al que más tarde se sumarían el de Europa en París y el de Asia en Subic Bay, Filipinas. En 1998 se incorporó un segundo eje de operaciones asiático en Taipei, Taiwan, para apoyar al de Subic Bay, en caso de que los problemas políticos o del clima cerraran esa instalación. La flota de Federal Express, de más de 600 aviones, vuela a 325 aeropuertos en todo el mundo, y después hace el reparto a domicilio en más de 38,000 camionetas.

¿Por qué se eligió Memphis como el eje central de Federal Express? Por un lado, porque se localiza en el centro de Estados Unidos; por otro, porque tiene muy pocas horas de mal clima que obliguen a interrumpir las operaciones, lo que tal vez contribuye al excelente récord de seguridad de vuelos de la empresa.

En el área de selección preliminar, los paquetes y los documentos se separan para enviarlos a una segunda área de selección. Las instalaciones de Memphis miden 1.5 millones de pies cuadrados, superficie en la que cabrían 33 campos de fútbol. La selección y el intercambio de paquetes termina a las 4 A.M.



Hacia la media noche convergen en la estación central de Memphis, Tennessee, alrededor de 100 aviones de Federal Express con más de un millón de documentos y paquetes.



FEDERAL EXPRESS



Los paquetes y documentos que ya pasaron por la primera y segunda selección, se clasifican por ciudad, estado y código postal. Después se colocan en contenedores que se cargan en los aviones para entregarlos en su destino final en 211 países.

Cada noche, excepto el domingo, Federal Express lleva a Memphis paquetes de todas partes del mundo que van a ciudades a las que la empresa no tiene vuelos directos. El eje de operaciones permite dar servicio a un número mucho mayor de puntos con menos aviones que el sistema tradicional de la ciudad A a la B. También permite que Federal Express asocie aviones con cargas de paquetes cada noche y asigne nuevas rutas a los aviones cuando el volumen lo requiere, con lo cual se ahorra en costos. Además, Federal Express también considera que el sistema del eje de operaciones disminuye las equivocaciones en el manejo y las demoras en el tránsito, porque tiene el control total de los paquetes desde el punto de recolección hasta el punto de entrega.



Avión de Federal Express despegando del eje de operaciones de Subic Bay, en Asia. Los 3,100 empleados de Subic Bay seleccionan 6,000 cajas y 10,000 documentos por hora, en las instalaciones de 90,000 pies cuadrados localizadas en lo que antes era una base militar estadounidense en Filipinas.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

Diseño de bienes
y servicios

Administración de la
calidad

Estrategia de proceso

Estrategias de localización

Estrategias de
distribución física

Recursos humanos

Administración
de la cadena de
suministro

Administración de
inventario

Programación

Mantenimiento

El objetivo de la estrategia de localización es maximizar el beneficio de la ubicación para la empresa.

LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA LOCALIZACIÓN

Cuando Federal Express abrió en Asia su segundo eje de operaciones en Taiwan en 1998 y duplicó sus vuelos a China, sentó las bases para sus nuevos vuelos “alrededor del mundo” que ligaban sus ejes en París y Memphis con el continente asiático. Cuando Mercedes anunció sus planes de construir su planta importante del extranjero en Vance, Alabama, terminó un año de competencia entre 170 sitios en 30 estados y dos países. Cuando Hard Rock Cafe abrió en Moscú, a finales de 2002, terminaron los tres años de preparación previa de la cadena de suministro de alimentos en Rusia.

Una de las decisiones estratégicas más importantes que toman compañías como Federal Express, Daimler Chrysler y Hard Rock, es dónde ubicar sus operaciones. Los aspectos internacionales de estas decisiones son indicio de la naturaleza global de las decisiones de localización. Con la apertura de los bloques chino y ruso, comenzó una gran transformación. Los mercados mundiales se han duplicado y la naturaleza global de los negocios se ha acelerado.

Las empresas de todo el mundo emplean los conceptos y las técnicas de este capítulo para estudiar las decisiones de localización, ya que afectan los costos fijos y variables. También tiene un efecto general considerable en el riesgo y la utilidad de la compañía. Por ejemplo, dependiendo del producto y tipo de producción o servicio de que se trate, tan sólo los costos de transporte llegan a representar hasta 25% del precio de venta del producto. Es decir, una cuarta parte del ingreso total de la empresa sería necesaria para cubrir los gastos de flete de las materias primas que entran y de los productos terminados que salen. La localización también influye en otros costos como impuestos, salarios, materia prima y renta.

Localización y costos Debido a que la localización es un determinante significativo del costo, la empresa consultora McKinsey considera que “en última instancia, la localización tiene la fuerza para formar (o destruir) la estrategia de negocios de una compañía”.¹ Las multinacionales de los sectores más importantes, desde automóviles hasta telefonía celular, hoy tienen o planean tener presencia en cada uno de sus mercados principales. Motorola, sin embargo, ha rechazado varias veces países cuya infraestructura o nivel educativo no pueden apoyar las tecnologías específicas de producción, aun cuando sus costos sean más bajos. Las decisiones de localización con base en la estrategia de bajo costo, exigen un análisis cuidadoso.

Una vez que la administración se compromete con una localización específica, muchos costos son firmes y es difícil reducirlos. Por ejemplo, si la localización de una fábrica está en una región con altos costos de energía, incluso una buena administración con una estrategia de energía sobresaliente comienza con una desventaja. La administración se encuentra en una situación parecida con su estrategia de recursos humanos, si la mano de obra en la localización seleccionada es cara, mal capacitada o con poca ética laboral. En consecuencia, realizar un trabajo minucioso para determinar la localización óptima de las instalaciones es una buena inversión.

La decisión de localización a menudo depende del tipo de negocio. En las decisiones de localización industrial, la estrategia usual es minimizar los costos, mientras que en las organizaciones de venta al menudeo o servicios profesionales, la estrategia se enfoca en maximizar el ingreso. Sin embargo, la estrategia de localización de almacenes puede estar determinada por la combinación de costos y la rapidez de entrega. En general, el objetivo de la estrategia de localización es maximizar el beneficio de la ubicación para la empresa.

Son pocas las veces que las compañías toman decisiones de localización, y casi siempre se deben a que la demanda ha superado la capacidad actual de la planta, o a cambios en la productividad laboral, el tipo de cambio, costos o actitudes locales. Las compañías también reubican sus instalaciones de manufactura o servicios debido a cambios demográficos o en la demanda del consumidor.

Las opciones de localización incluyen **1.** ampliar la instalación existente en lugar de moverla; **2.** conservar los sitios existentes mientras se abren instalaciones en algún otro lugar o **3.** cerrar las instalaciones existentes y cambiarse a una nueva localización.

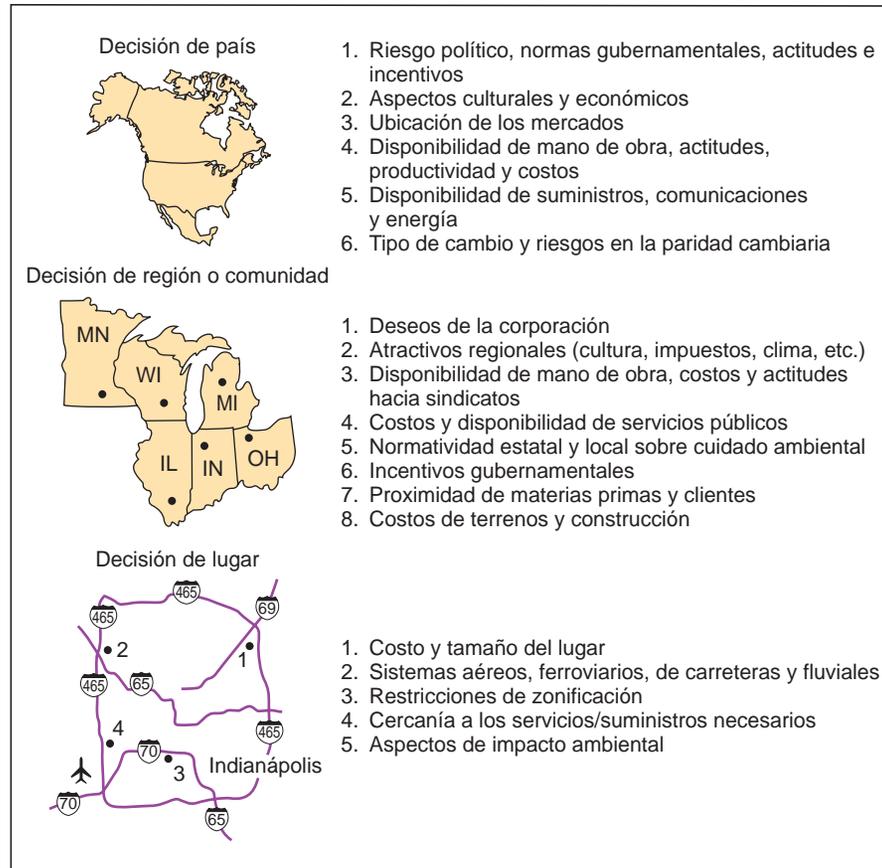
FACTORES QUE AFECTAN LAS DECISIONES DE LOCALIZACIÓN

La selección de la localización de las instalaciones es cada vez más complicada por la globalización del lugar de trabajo. Como se vio en el capítulo 2, la globalización ha tenido lugar por el desarrollo de **1.** las economías de mercado; **2.** mejores comunicaciones internacionales; **3.** viajes y embarques más rápidos y confiables; **4.** facilidad de flujo de capital entre países, y **5.** grandes diferencias en los costos de mano de obra. Muchas empresas ahora consideran la posibilidad de abrir nuevas oficinas, fábricas, tiendas al menudeo o bancos, fuera de sus países. Las decisiones de localización trascienden las fronteras nacionales. De hecho, como se muestra en la figura 7.1, la secuencia de las decisiones de localización suele comenzar por la selección de un país para operar.

¹Veá Andrew D. Bartness, “The Plant Location Puzzle”, *Harvard Business Review* (marzo-abril de 1994): 32.

FIGURA 7.1 ■

Algunas consideraciones y factores que afectan las decisiones de localización

**TABLA 7.1 ■**

Competitividad global en 75 países seleccionados basada en encuestas anuales a 4,000 ejecutivos de negocios

| País | CALIF. 2001 |
|----------------|-------------|
| Finlandia | 1 |
| Estados Unidos | 2 |
| Holanda | 3 |
| Alemania | 4 |
| ⋮ | ⋮ |
| Canadá | 11 |
| ⋮ | ⋮ |
| Japón | 15 |
| ⋮ | ⋮ |
| Brasil | 30 |
| ⋮ | ⋮ |
| Rusia | 58 |
| ⋮ | ⋮ |
| Bolivia | 75 |

Fuente: www.weforum.org, 2002.

Un enfoque para seleccionar un país consiste en identificar los factores críticos para el éxito (FCE) según la organización y necesarios para alcanzar una ventaja competitiva. En la parte superior de la figura 7.1, se enumeran 6 posibles FCE para un país. Con esos factores (incluidos algunos negativos, como el crimen) el Foro Económico Mundial califica cada año la competitividad global de 75 países (véase la tabla 7.1). Finlandia fue el número 1 en 2001, por sus altas tasas en ahorro e inversión, apertura al comercio, calidad en la educación y eficiencia de gobierno.

Una vez que la empresa decide qué país es mejor para su localización, se enfoca en una región y una comunidad del país seleccionado. El último paso en el proceso de decisión de localización es la elección de un sitio específico dentro de una comunidad. La compañía debe elegir el lugar más adecuado en cuanto a embarque y recepción, zonificación, servicios públicos, tamaño y costo. De nuevo, la figura 7.1 resume esta serie de decisiones y factores que influyen.

Además de la globalización, hay otros factores que afectan la decisión de localización. Algunos de ellos son la productividad laboral, el tipo de cambio, la cultura, las actitudes cambiantes hacia la industria y la proximidad a mercados, proveedores y competidores.

Productividad laboral

Cuando se toman decisiones sobre la localización, la administración siente cierta atracción hacia áreas con salarios bajos. Sin embargo, los salarios bajos no se pueden considerar por sí solos, como lo descubrió Quality Coils, Inc., cuando abrió su planta en México (véase el recuadro *AO en acción* en la siguiente página). La administración también debe tomar en cuenta la productividad.

Como se analizó en el capítulo 1, existen diferencias en la productividad entre los países. Lo que en realidad interesa a la administración es la combinación de productividad y tasa salarial. Por ejemplo, si Quality Coils paga \$70 diarios por 60 unidades producidas en un día en Connecticut, gastará menos en mano de obra que en la planta de México, donde paga \$25 por día con una productividad de 20 unidades diarias:

$$\frac{\text{Mano de obra por día}}{\text{productividad (en unidades por día)}} = \text{costo por unidad}$$

En muchos casos es más barato producir ropa en Corea, Taiwan o Hong Kong y embarcarla a Estados Unidos, que producirla en Estados Unidos. No obstante, el costo final es el factor crítico y la baja productividad puede invalidar el bajo costo.

AO EN ACCIÓN

Quality Coils se desconecta de México

Keith Gibson, presidente de Quality Coils, Inc., imaginó los ahorros que lograría con los bajos salarios que se pagaban en México y se lanzó al sur. Cerró la fábrica de Connecticut y abrió una en Ciudad Juárez, Chihuahua, donde pagaría a los mexicanos una tercera parte de los salarios que pagaba a los estadounidenses. "Todas las cifras indicaban que debía ganar de todas todas", comentó Gibson.

En lugar de eso, su compañía prácticamente quebró. El fabricante de bobinas electromagnéticas perdió dinero en forma constante durante sus cuatro años en México. El elevado ausentismo, la baja productividad y los problemas de administrar a larga distancia desgastaron a Gibson hasta que finalmente salió de Ciudad Juárez.

Después de regresar a Estados Unidos y contratar a algunos de sus trabajadores originales, Gibson sabía: "puedo

contratar a una persona en Connecticut para lo que hacían tres obreros en Ciudad Juárez".

Cuando los sindicatos estadounidenses se quejaron de no poder competir contra los bajos salarios en otros países y cuando el grupo en contra coreó "\$4 al día, ¡de ninguna manera!" los empresarios subestimaron varios factores. Primero, la baja productividad en los países con bajos salarios a menudo revierte la ventaja del salario, que de ninguna manera es tan grande como se cree. Segundo, un cúmulo de problemas, desde carreteras en malas condiciones hasta gobiernos corruptos, eleva los costos de operación. Y lo más significativo es que el costo de la mano de obra es menos importante para la mayor parte de los fabricantes estadounidenses que factores como las habilidades de la fuerza de trabajo, la calidad de los transportes y el acceso a la tecnología.

Fuentes: *Nation's Business* (febrero de 1997): 6; y *Wall Street Journal* (15 de septiembre de 1993): A1.

Los costos de mano de obra en muchos países subdesarrollados son actualmente una tercera parte de los costos en las naciones desarrolladas. No obstante, cuando los costos de mano de obra representan sólo 15% de los costos de manufactura, la diferencia puede no contrarrestar muchas otras desventajas que presentan los países con mano de obra barata.

Caso 1: planta en Connecticut

$$\frac{\$70 \text{ salario por día}}{60 \text{ unidades producidas por día}} = \frac{\$70}{60} = \$1.17 \text{ por unidad}$$

Caso 2: planta en Ciudad Juárez

$$\frac{\$25 \text{ salario por día}}{20 \text{ unidades producidas por día}} = \frac{\$25}{20} = \$1.25 \text{ por unidad}$$

Los empleados con capacitación deficiente, bajo nivel educativo o malos hábitos de trabajo tal vez no signifiquen salarios bajos. En el mismo tenor, los empleados que no tienen logros o no están interesados, no son buenos para la organización, aun con salarios bajos. (El costo de mano de obra por unidad suele llamarse *contenido de mano de obra* del producto).

Las plantas de ensamble que operan a lo largo de la frontera del lado mexicano, desde Texas hasta California, se llaman maquiladoras. Alrededor de 2,000 empresas y gigantes de la industria, como General Motors, Zenith, Hitachi y GE, operan estas plantas, diseñadas para ayudar ambos lados de esta región fronteriza empobrecida. Más de 2 millones de trabajadores laboran en estas plantas del otro lado de la frontera. Los salarios en México son bajos y al tipo de cambio actual, las compañías ya no ven al lejano oriente como alguna vez lo hicieron.



Tipo de cambio y riesgos en la paridad cambiaria

Aunque los salarios y la productividad hagan que un país parezca económico, un tipo de cambio desfavorable anularía cualquier ahorro. Sin embargo, en ocasiones las empresas obtienen ventajas de un tipo de cambio favorable en particular, al exportar o reubicarse en un país extranjero. No obstante, el valor de las monedas extranjeras sube y baja continuamente en la mayoría de los países. Esos cambios pueden convertir una buena localización en 2003 en un desastre en 2008.

Costos

Los costos de localización suelen dividirse en dos categorías, tangibles e intangibles. Los **costos tangibles** son aquellos que se identifican con facilidad y se miden con precisión. Incluyen servicios públicos, mano de obra, material, impuestos, depreciación y otros costos que el departamento de contabilidad y la administración pueden identificar. Además, costos como el transporte de materia prima, transporte de productos terminados y construcción, se suman al costo global de la localización. Los incentivos gubernamentales, como se señala en *AO en acción*, “los grandes incentivos lograron que la industria automovilística llegara a Alabama”, sin duda afectan el costo de localización.

Es menos sencillo cuantificar los **costos intangibles**. Incluyen calidad de la educación, infraestructura pública de transporte, las actitudes de la comunidad hacia la industria y la compañía, y la calidad y actitudes de los posibles empleados. Asimismo incluyen variables de calidad de vida, como el clima y clubes deportivos, que influyen en la contratación del personal.

Actitudes

Las actitudes de los gobiernos federal, estatal y local hacia la propiedad privada, la zonificación, la contaminación y la estabilidad laboral, quizá no sean siempre las mismas. Las actitudes gubernamentales en el momento en que se toma la decisión de localización pueden no perdurar. Además, es posible que la administración encuentre que estas actitudes tengan influencia de su propio liderazgo.

Las actitudes del trabajador también difieren de un país a otro, de una a otra región y entre un pueblo y una ciudad. La forma en que el trabajador juzga la rotación, los sindicatos y el ausentismo son factores relevantes. Estas actitudes llegan a afectar la decisión de la compañía en cuanto a hacer ofertas a sus trabajadores actuales en caso de cambiarse a otro lugar. El caso de estudio al final de este capítulo, “Southern Recreational Vehicle Company”, describe a una empresa en St. Louis que decidió firmemente *no reubicar* a ninguno de sus trabajadores cuando se trasladó a Mississippi.

Uno de los retos más grandes en una decisión de operaciones global es tener que negociar con la cultura de otro país. Las variaciones culturales en cuanto a la puntualidad de los empleados y proveedores establecen una marcada diferencia en la programación de la producción y la entrega. De igual forma, el

Costos tangibles

Costos que se identifican con facilidad y se miden con cierta precisión.

Costos intangibles

Categoría en los costos de localización que no se pueden cuantificar con facilidad, como la calidad de vida y la eficacia del gobierno.

AO EN ACCIÓN

Los grandes incentivos lograron que la industria automovilística llegara a Alabama

En 1993, Alabama persuadió a Mercedes-Benz para que construyera su primera planta de automóviles en Estados Unidos, en el pueblo de Vance, al ofrecerle al fabricante de autos de lujo \$253 millones de dólares en incentivos: \$169,000 por cada empleo que Mercedes prometió al estado.

Los contribuyentes consideraron el trato tan exagerado que votaron para que el gobernador Jim Folsom dejara el cargo, mucho antes de que la primera Mercedes SUV terminara la nueva línea de ensamble en 1997 en aquel estado. Hoy, el trato parece más una ganga, lo cual sugiere que la práctica de pagar millones de dólares de los contribuyentes para atraer a grandes empresas algunas veces puede tener un rendimiento importante.

Mercedes superó la exigencia de crear 1,500 empleos en la planta de Vance con una fuerza de trabajo planeada de 4,000 para 2005.

Después Honda abrió, en 2001, una fábrica a 70 millas al este de la planta de Mercedes, para producir su minivan Odyssey. La nueva planta de Toyota Motor Corp., cerca de Huntsville, comenzó a producir motores en 2002. Estos dos fabricantes de automóviles también recibieron incentivos.

Para consolidar la reputación de Alabama como el centro de producción de automóviles con mayor actividad en el sur de EUA, Hyundai Motor Co., de Corea del Sur, eligió un sitio cerca de Montgomery para su primera planta de ensamble en Estados Unidos. La fábrica comenzará a operar en 2005 y empleará a 2,000 trabajadores para producir 300,000 autos sedan y SUV al año.

¿El estado está dando más de lo que recibe? Eso es lo que argumentan muchos economistas. Otros, antiguos defensores de los incentivos argumentan que la llegada de los fabricantes anuncia “un nuevo día para Alabama”.

Fuentes: *Wall Street Journal* (5 de abril de 2002): A1, A24; y *Knight Ridder Tribune Business News* (12 de abril de 2002): 1.

TABLA 7.2 ■

Calificación de la corrupción en algunos países (10 puntos representan un país libre de corrupción)

| POSICIÓN | PUNTOS |
|-------------------------------|--------|
| 1 Finlandia | 9.7 |
| ⋮ | ⋮ |
| 7 Canadá | 9.0 |
| ⋮ | ⋮ |
| 10 Reino Unido | 8.7 |
| ⋮ | ⋮ |
| 16 Estados Unidos | 7.7 |
| ⋮ | ⋮ |
| 18 Alemania e Israel (empate) | 7.3 |
| ⋮ | ⋮ |
| 20 Japón | 7.1 |
| ⋮ | ⋮ |
| 59 China | 3.5 |
| ⋮ | ⋮ |
| 71 India y Rusia (empate) | 2.7 |
| ⋮ | ⋮ |
| 101 Nigeria | 1.6 |
| 102 Bangladesh | 1.2 |

Fuente: Encuesta 2002 de Transparencia Internacional en www.transparency.org

Agrupamiento

Ubicación cercana de compañías competidoras, con frecuencia debida a la importante disponibilidad de talento de la información, inversión de capital o recursos naturales.

Método de calificación de factores

Método de localización que proporciona objetividad al proceso de identificación de costos difíciles de evaluar.

soborno crea una ineficiencia económica sustancial, así como problemas éticos y legales en el ámbito mundial. Como resultado, los administradores de operaciones enfrentan retos significativos al formar cadenas de suministro efectivas que incluyen empresas extranjeras. La tabla 7.2 presenta una calificación de la corrupción en países de todo el mundo.

Cercanía a los mercados

Para muchas empresas es sumamente importante ubicarse cerca de los clientes. En particular para las organizaciones de servicios, como farmacias, restaurantes, oficinas de correos o peluquerías, la proximidad de su mercado es *el* factor principal de localización. Para las empresas de manufactura resulta útil estar cerca de los clientes cuando el transporte de bienes terminados es costoso o difícil (quizá porque son voluminosos, pesados o frágiles). Además, con la tendencia a la producción justo a tiempo, los proveedores desean estar cerca de los usuarios para agilizar las entregas. Para una empresa como Coca-Cola, cuyo ingrediente principal es el agua, tiene sentido contar con plantas envasadoras en muchas ciudades en lugar de transportar contenedores pesados (y a veces frágiles) por todo el país.

Cercanía a los proveedores

Las empresas se ubican cerca de los proveedores y las materias primas por **1.** manejar productos perecederos; **2.** costos de transporte o **3.** un gran volumen. Las panaderías, plantas de productos lácteos y procesadoras de productos del mar congelados trabajan con materias primas *perecederas*, por lo que suelen instalarse cerca de sus proveedores. Las compañías dependientes de materias primas pesadas o voluminosas (como los productores de acero que usan carbón o mineral de hierro) enfrentan *costos de transporte* altos, y éste se convierte en un factor importante. Los bienes que tienen *descuentos por volumen* durante la producción (como los aserraderos localizados en el noreste de Estados Unidos cerca de los recursos de maderas) necesitan estar cerca de las materias primas.

Cercanía a los competidores (agrupamiento)

Las compañías también prefieren ubicarse cerca de sus competidores, lo cual es un tanto sorprendente. Esta tendencia, denominada agrupamiento (*clustering*), suele ocurrir cuando un recurso importante se encuentra en una región. Estos recursos incluyen recursos naturales, de información, capital de inversión y talento. Un recurso natural de tierra y clima motiva a los productores de vino a asentarse en el Valle de Napa en Estados Unidos y en la región de Burdeos en Francia. Un recurso de talento atrae a las empresas de software a agruparse tanto en el Valle del Silicón como en Boston, con sus numerosos y brillantes jóvenes graduados de universidades como Berkeley y Stanford, en California, y Harvard y MIT, en Massachusetts. Los recursos de capital de inversión disponibles en estas áreas son un atractivo más. De manera similar, los constructores de autos de carreras de todo el mundo se agrupan en la región de Huntington/-North Hampton en Inglaterra, donde han encontrado una fuente inagotable de talento e información. Los parques de diversiones como Disney, Estudios Universal y Sea World se agrupan en Orlando, lugar atractivo para el talento del entretenimiento, por su clima cálido, turistas y mano de obra barata. Incluso cadenas de comida rápida como McDonald's, Burger King, Wendy's y Pizza Hut han encontrado que ubicarse a una distancia de 1 milla entre sí estimula las ventas.

Sin embargo, Italia es tal vez el verdadero líder cuando se trata de agruparse, su región norte posee el liderazgo mundial en especialidades como mosaicos de cerámica (Modena), joyería de oro (Vicenza), máquinas herramienta (Busto Arsizio), casimir y lana (Biella), diseño de anteojos (Belluna) y máquinas para pasta (Parma).²

MÉTODOS PARA EVALUAR LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN

Se dispone de cuatro métodos principales para resolver problemas de localización: método de calificación de factores, análisis de punto de equilibrio de la localización, método del centro de gravedad y modelo de transporte. En esta sección se describen estos enfoques.

Método de calificación de factores

Existen muchos factores cuantitativos y cualitativos que se deben considerar al elegir una localización. Algunos son más importantes que otros, por ello los administradores usan ponderaciones con el fin de que el proceso de decisión sea más objetivo. El **método de calificación de factores** es usual porque incluye de manera objetiva un gran número de factores, que van de la educación a la recreación, pasando

²Financial Times (6 de noviembre de 2001): 11.

TABLA 7.3 ■

Factores críticos para el éxito que afectan la selección de localización

| |
|--|
| Costos de mano de obra (incluye salarios, sindicalización, productividad) |
| Disponibilidad de mano de obra (incluye actitudes, edad, distribución, habilidades) |
| Cercanía a materias primas y proveedores |
| Cercanía a los mercados |
| Políticas fiscales del gobierno (incluye incentivos, impuestos, compensaciones por desempleo cuando existen) |
| Normas de cuidado ambiental |
| Servicios públicos (gas, electricidad, agua y sus costos) |
| Costos del lugar (incluye terreno, expansión, estacionamiento, drenaje) |
| Disponibilidad de transporte (ferrocarril, avión, barco, camión) |
| Calidad de vida en la comunidad (todos los niveles de educación, costo de vida, cuidado de la salud, actividades deportivas y culturales, transporte, vivienda, entretenimiento, instalaciones religiosas) |
| Tipo de cambio (incluye tasas, estabilidad) |
| Calidad de gobierno (incluye estabilidad, honestidad, actitudes hacia los nuevos negocios, de extranjeros o nacionales) |

por las habilidades laborales. En la tabla 7.3 se enumeran algunos de los muchos factores que afectan las decisiones de localización.

El método de calificación de factores consta de seis pasos:

1. Desarrollar una lista con los factores relevantes denominados *factores críticos para el éxito* (como los de la tabla 7.3).
2. Asignar un peso a cada factor que refleje la importancia relativa para los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo de 1 a 10 o de 1 a 100 puntos).
4. Hacer que la administración califique cada factor para cada lugar, empleando la escala del paso 3.
5. Multiplicar los puntos por los pesos de cada factor y sumar los puntos de cada localización.
6. Hacer una recomendación basada en la calificación con más puntos, considerando también los resultados de los enfoques cuantitativos.

Las cifras usadas en la ponderación de factores pueden ser subjetivas y los resultados del modelo no ser "exactos" aun cuando se trate de una aproximación cuantitativa.

Ejemplo 1

Five Flags, en Florida, una cadena estadounidense con 10 parques de diversión familiares, decidió ampliarse al extranjero y abrió su primer parque en Europa. La hoja de calificación en la tabla 7.4 contiene la lista de los factores críticos para el éxito que la administración consideró importantes; los pesos o ponderaciones y los puntos para dos sitios posibles —Dijon en Francia y Copenhage en Dinamarca— se muestran a continuación.

TABLA 7.4 ■ Pesos, puntos y solución

| FACTOR CRÍTICO PARA EL ÉXITO | PESO | PUNTOS (DE 1 A 100) | | PUNTOS PONDERADOS | |
|--|------|---------------------|-----------|--------------------|--------------------|
| | | FRANCIA | DINAMARCA | FRANCIA | DINAMARCA |
| Disponibilidad de mano de obra y actitud | .25 | 70 | 60 | $(.25)(70) = 17.5$ | $(.25)(60) = 15.0$ |
| Razón personas/autos | .05 | 50 | 60 | $(.05)(50) = 2.5$ | $(.05)(60) = 3.0$ |
| Ingreso per cápita | .10 | 85 | 80 | $(.10)(85) = 8.5$ | $(.10)(80) = 8.0$ |
| Estructura fiscal | .39 | 75 | 70 | $(.39)(75) = 29.3$ | $(.39)(70) = 27.3$ |
| Educación y salud | .21 | 60 | 70 | $(.21)(60) = 12.6$ | $(.21)(70) = 14.7$ |
| Totales | 1.00 | | | 70.4 | 68.0 |

La tabla 7.4 también indica el uso de ponderaciones para evaluar los sitios alternativos de localización. Dada la opción de 100 puntos asignados a cada factor, es preferible la localización de Francia. Al cambiar ligeramente los puntos o los pesos para los factores con alguna duda, podemos analizar la sensibilidad de la decisión. Por ejemplo, si cambiamos los puntos para "disponibilidad de mano de obra y actitud" por 10 puntos, la decisión puede cambiar.

Cuando la decisión es sensible a pequeños cambios, es recomendable un análisis más detallado de las ponderaciones o de los puntos asignados. De otra manera, la administración concluiría que estos factores intangibles no son el criterio apropiado para basar su decisión de localización. En ese caso, los administradores asignan mayor peso a los aspectos más cuantitativos de la decisión.

Análisis de punto de equilibrio de la localización

Análisis de costo-volumen para hacer una comparación económica de las alternativas de localización.

Análisis de punto de equilibrio de la localización

El análisis de punto de equilibrio de la localización es el uso del análisis de costo-volumen para hacer una comparación económica de las alternativas de localización. Al identificar los costos fijos y variables y graficarlos para cada localización, podemos determinar cuál de ellas proporciona el menor costo. El análisis de punto de equilibrio de la localización se realiza en forma matemática o gráfica. El enfoque gráfico tiene la ventaja de dar un intervalo de volumen para el que es preferible cada localización.

Los tres pasos para el análisis de punto de equilibrio de la localización son

1. Determinar los costos fijos y variables para cada localización.
2. Graficar los costos de cada localización, con los costos en el eje vertical y el volumen anual en el eje horizontal.
3. Seleccionar la localización que tenga el menor costo total para el volumen de producción esperado.

Ejemplo 2

Un fabricante de carburadores para automóvil está considerando tres localizaciones —Akron, Bowling Green y Chicago— para su nueva planta. Los estudios de costo indican que los costos fijos anuales respectivos para cada lugar son \$30,000, \$60,000 y \$110,000; y que los costos variables son \$75, \$45 y \$25 por unidad, respectivamente. El precio de venta esperado de los carburadores producidos es \$120. La compañía desea encontrar la localización más económica para un volumen esperado de 2 mil unidades al año.

Para cada una, podemos graficar los costos fijos (para un volumen de 0 unidades) y el costo total (costo fijo + costo variable) del volumen esperado de salida. Las rectas se graficaron en la figura 7.2.

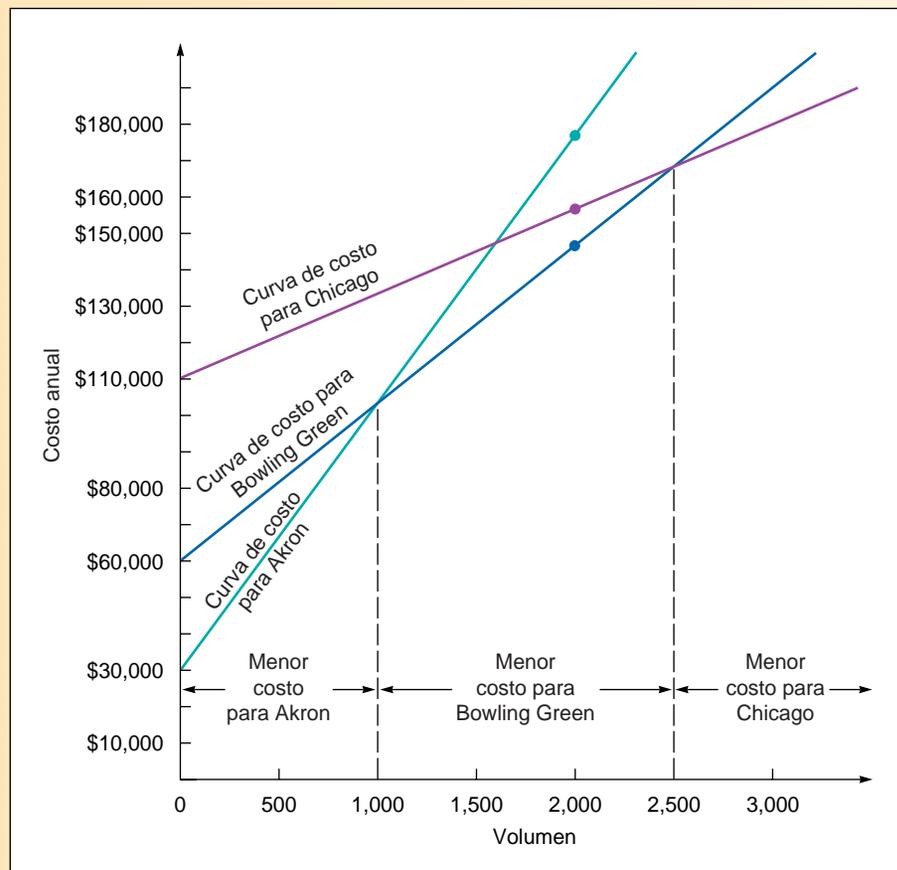


FIGURA 7.2 ■ Gráfica cruzada para el análisis de punto de equilibrio de la localización

Para Akron,

$$\text{Costo total} = \$30,000 + \$75(2,000) = \$180,000$$

Para Bowling Green,

$$\text{Costo total} = \$60,000 + \$45(2,000) = \$150,000$$

Para Chicago,

$$\text{Costo total} = \$110,000 + \$25(2,000) = \$160,000$$

Con un volumen esperado de 2,000 unidades por año, Bowling Green proporciona la localización con menor costo. La utilidad esperada es

$$\text{Ingreso total} - \text{costo total} = \$120(2,000) - \$150,000 = \$90,000 \text{ por año}$$

El punto de cruce entre Akron y Bowling Green es

$$30,000 + 75(x) = 60,000 + 45(x)$$

$$30(x) = 30,000$$

$$x = 1,000$$

y el punto de cruce entre Bowling Green y Chicago es

$$60,000 + 45(x) = 110,000 + 25(x)$$

$$20(x) = 50,000$$

$$x = 2,500$$

Por lo tanto, con un volumen menor que 1,000 unidades, Akron sería preferible, y con un volumen mayor que 2,500, Chicago daría la mayor utilidad.

Método del centro de gravedad

El **método del centro de gravedad** es una técnica matemática que se usa para encontrar la localización de un centro de distribución que minimice los costos de distribución. Este método toma en cuenta la ubicación de los mercados, el volumen de productos que se embarca a esos mercados y los costos de embarque, para encontrar la mejor localización de un centro de distribución.³

El primer paso en el método del centro de gravedad consiste en colocar las localizaciones en un sistema de coordenadas. Esto se ilustra en el ejemplo 3. El origen del sistema de coordenadas y la escala son arbitrarios, siempre y cuando las distancias relativas se representen de manera correcta. Esto se hace con facilidad colocando una cuadrícula sobre un mapa común. El centro de gravedad se determina mediante las ecuaciones (7-1) y (7-2):

$$\text{Coordenada } x \text{ del centro de gravedad} = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} \quad (7-1)$$

$$\text{Coordenada } y \text{ del centro de gravedad} = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} \quad (7-2)$$

donde d_{ix} = coordenada x de la localización i
 d_{iy} = coordenada y de la localización i
 Q_i = cantidad de bienes que se mueven desde o hacia la localización i

Observe que las ecuaciones (7-1) y (7-2) incluyen el término Q_i , la cantidad de suministros transferidos hacia o desde la localización i .

Como el número de contenedores enviados cada mes afecta el costo, la distancia por sí sola no debe ser el criterio principal. El método del centro de gravedad supone que el costo es directamente proporcional tanto a la distancia, como al volumen enviado. La localización ideal será la que minimice la distancia ponderada entre el almacén y sus tiendas, donde la distancia se pondera con el número de contenedores enviados.

³Encuentra un análisis sobre el uso del método del centro de gravedad en un problema de localización y consolidación de un almacén en Charles A. Watts, "Using a Personal Computer to solve a Warehouse Location/Consolidation Problem", *Production and Inventory Management Journal* (cuarto trimestre de 2000): 23-28.

Método del centro de gravedad

Técnica matemática empleada para encontrar la mejor localización para un solo punto de distribución que da servicio a varias tiendas o áreas.

Ejemplo 3

Considere el caso de Quain's Discount Department Stores, una cadena de cuatro tiendas de autoservicio grandes. Las tiendas están ubicadas en Chicago, Pittsburgh, Nueva York y Atlanta; en la actualidad las surte una bodega vieja e inadecuada en Pittsburgh, donde se abrió la primera tienda. Los datos de las tasas de demanda en cada tienda se muestran en la tabla 7.5.

TABLA 7.5 ■ Demanda en Quain's Discount Department Stores

| LOCALIZACIÓN DE LA TIENDA | NÚMERO DE CONTENEDORES ENVIADOS POR MES |
|---------------------------|---|
| Chicago | 2,000 |
| Pittsburgh | 1,000 |
| Nueva York | 1,000 |
| Atlanta | 2,000 |

La empresa decidió buscar un lugar "central" para construir el nuevo almacén. Las localizaciones actuales de sus tiendas se muestran en la figura 7.3. Por ejemplo, la localización 1 es Chicago, y de la tabla 7.5 y la figura 7.3, tenemos:

$$d_{1x} = 30$$

$$d_{1y} = 120$$

$$Q_1 = 2,000$$

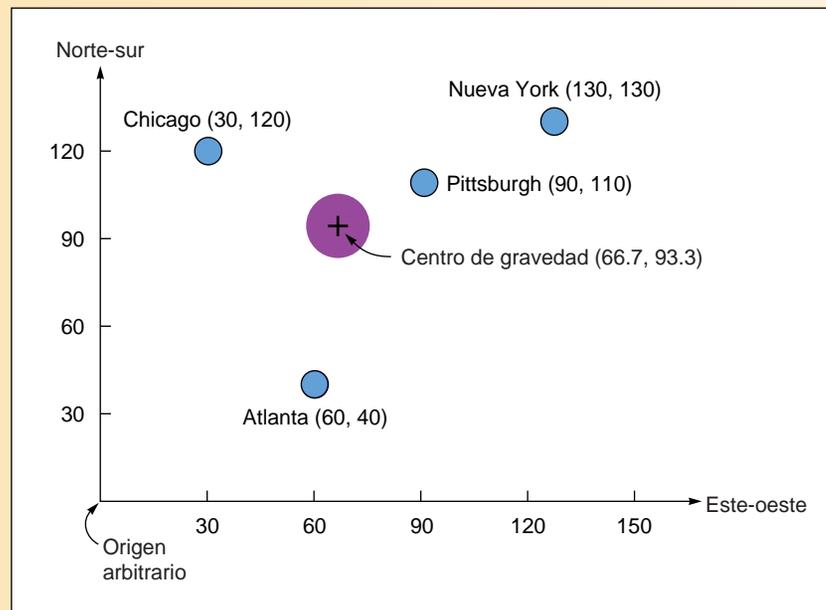


FIGURA 7.3 ■ Coordenadas de las localizaciones de cuatro tiendas de autoservicio de Quain's y el centro de gravedad

Con los datos de la tabla 7.5 y la figura 7.3 para cada una de las otras ciudades, y las ecuaciones (7-1) y (7-2) encontramos:

coordenada x del centro de gravedad

$$= \frac{(30)(2000) + (90)(1000) + (130)(1000) + (60)(2000)}{2000 + 1000 + 1000 + 2000} = \frac{400,000}{6,000}$$

$$= 66.7$$

coordenada y del centro de gravedad

$$= \frac{(120)(2000) + (110)(1000) + (130)(1000) + (40)(2000)}{2000 + 1000 + 1000 + 2000} = \frac{560,000}{6,000}$$

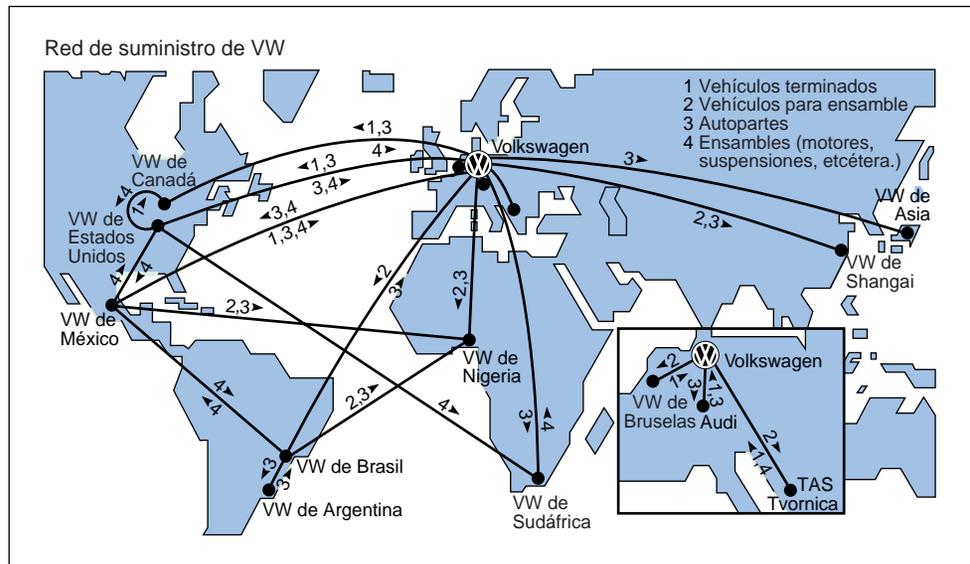
$$= 93.3$$

Esta localización (66.7, 93.3) se muestra con una cruz en la figura 7.3. Al sobreponer un mapa de Estados Unidos sobre esta gráfica, encontramos que la localización está cerca del centro de Ohio. Quizá la empresa desee considerar Columbus, Ohio, o una ciudad cercana como localización apropiada.

FIGURA 7.4 ■

Distribución mundial de automóviles y autopartes Volkswagen

Fuente: *The Economist, Ltd.*
Distribuida por *New York Times/Special Features.*



Modelo de transporte

Modelo de transporte
Técnica para resolver una clase de problemas de programación lineal.

El objetivo del **modelo de transporte** es determinar el mejor patrón de embarque de varios puntos de suministro (orígenes) a varios puntos de demanda (destinos), con el fin de minimizar los costos totales de producción y transporte. Toda empresa con una red de puntos de suministro-demanda enfrenta este problema. La compleja red de suministro de Volkswagen (figura 7.4) es un ejemplo. En la figura 7.4 observamos, por ejemplo, que VW de México embarca vehículos para ensamble y autopartes a VW de Nigeria y envía ensamblados a VW de Brasil, al mismo tiempo que recibe autopartes y ensamblados de la central en Alemania.

Aunque la técnica de programación lineal (PL) sirve para resolver este tipo de problemas, se han desarrollado algoritmos más eficientes y con el propósito específico de aplicarlos al transporte. El modelo de transporte encuentra una solución inicial factible y después la mejora cada paso, hasta encontrar la solución óptima.

ESTRATEGIA DE LOCALIZACIÓN PARA LOS SERVICIOS

A menudo es deseable ubicarse cerca de la competencia; las grandes tiendas departamentales suelen atraer más compradores cuando hay competidores cercanos. Lo mismo es válido para zapaterías, restaurantes de comida rápida y otros.

Si bien el análisis de localización para el sector industrial se centra en minimizar el costo, el objetivo central en el sector servicios está en maximizar el ingreso. Esto se debe a que los costos fijos de las empresas de manufactura tienden a variar de manera sustancial entre localizaciones, mientras que las empresas de servicio tienden a encontrar que la localización tiene mayor impacto en el ingreso que en el costo. Por lo tanto, para la empresa de servicios, una localización específica suele influir más en su ingreso que en su costo. Es decir, que el objetivo principal de la localización en las empresas de servicios debe ser determinar el volumen de negocios y el ingreso. Véase *AO en acción*, “los hospitales piensan: localización, localización, localización”. Existen ocho componentes importantes de volumen e ingreso para la empresa de servicios:

1. Poder adquisitivo del área de donde proviene el cliente.
2. Compatibilidad del servicio y la imagen con la demografía del área de donde proviene el cliente.
3. Competencia en el área.
4. Calidad de la competencia.
5. Unicidad de la localización de la empresa y los competidores.
6. Cualidades físicas de las instalaciones y los negocios vecinos.
7. Políticas de operación de la empresa.
8. Calidad de la administración.

El análisis realista de estos factores ofrece una imagen razonable del ingreso esperado. Las técnicas empleadas en el sector servicios incluyen análisis de correlación, densidad de tráfico, análisis demográfico, análisis de poder adquisitivo, el método de calificación de factores, el método del centro de gravedad y los sistemas de información geográfica. En la tabla 7.6 se proporciona un resumen de las estrategias de localización para las organizaciones de servicios y para las productoras de bienes.

AO EN ACCIÓN

Los hospitales piensan: “localización, localización, localización”

En el competitivo mercado de servicios médicos de las principales ciudades estadounidenses, la batalla por la participación de mercado —y nuevos pacientes— no se libra con escalpelos ni estetoscopios. Más bien los hospitales construyen clínicas áreas donde habitan clientes potenciales; las armas de combate son ahora clavos y martillos.

El Centro Médico Presbiteriano Columbia, en Nueva York, descubrió que la localización se está convirtiendo en lo más importante conforme los sistemas de salud administrados toman el control. En el nuevo mundo de reembolsos fijos, estancias breves en el hospital y economía rigurosa de los servicios, Columbia debe obtener dinero del volumen y no de las tarifas del servicio.

Para atraer pacientes, el Columbia abrió 23 sucursales, que incluyen instalaciones en zonas étnicas de Nueva York,

secciones de altos ingresos, comunidades suburbanas, e incluso ciudades de Europa del Este (como Moscú, Varsovia, Praga, Budapest) que tienen una población considerable de estadounidenses.

Las sucursales, que suelen no tener camas ni servicio las 24 horas, tienen una operación menos costosa que los hospitales de alta especialidad. Los bebés pueden nacer en sitios alternativos por la mitad del costo de \$9,000 que se cobra en el hospital principal.

El marketing de la nueva clínica del Columbia, en el lado elegante del este de Manhattan, incluye la frase “una combinación única de excelencia y cercanía”. Para los pacientes que necesitan un lugar para pasar la noche, el doctor William T. Speck, presidente de Columbia, sugiere una reserva en el cercano hotel Plaza. “La comida del hotel es mejor” dice el doctor Speck.

Fuentes: *Modern Healthcare* (21 de junio de 1999): 30-32; y *New York Times* (22 de agosto de 1999): 1-11.

TABLA 7.6 ■

Estrategias de localización: las organizaciones de servicio contra las productoras de bienes

| LOCALIZACIÓN DE SERVICIO/MENUDEO/PROFESIONAL | | LOCALIZACIÓN PARA REDUCIR BIENES | |
|--|--|--|---|
| CENTRADA EN EL INGRESO | | CENTRADA EN EL COSTO | |
| Volumen/ingreso | Área de clientes; poder adquisitivo Competencia; publicidad/costeo | Costos tangibles | Costo de transporte de materias primas Costo de embarque de bienes terminados Costo de energía y servicios públicos; mano de obra; materias primas; impuestos y otros |
| Calidad física | Estacionamiento/acceso; seguridad/iluminación; apariencia/imagen | Costos intangibles y futuros | Actitud frente al sindicato Calidad de vida Gastos del estado en educación Calidad de los gobiernos estatal y local |
| Determinantes del costo | Renta Méritos de la administración Políticas de operación (horarios, tasas salariales) | | |
| TÉCNICAS | | TÉCNICAS | |
| Modelos de regresión para determinar la importancia de varios factores Método de calificación de factores Densidad de tráfico Análisis demográfico del área de clientes Análisis del poder adquisitivo en el área Método del centro de gravedad Sistemas de información geográfica | | Método de transporte Método de calificación de factores Análisis del punto de equilibrio de la localización Gráficas cruzadas | |
| SUPOSICIONES | | SUPOSICIONES | |
| La localización es determinante importante del ingreso Los aspectos de alto contacto con el cliente son decisivos Los costos son relativamente constantes para un área dada; así, la función del ingreso es decisiva La localización es un determinante importante del costo | | La mayor parte de los costos importantes se identifican de manera explícita para cada sitio Un bajo contacto con el cliente permite enfocarse en los costos identificables Los costos intangibles pueden evaluarse | |



Incluso con beneficios de impuestos reducidos y un mercado hotelero saturado, todavía existen oportunidades cuando las localizaciones de hoteles y moteles son adecuadas. Los buenos sitios se distinguen por estar cerca de hospitales y centros de salud. A medida que aumentan los complejos médicos en las áreas metropolitanas, crece la necesidad de hoteles y lugares para albergar a los familiares de los pacientes. Además, los servicios médicos para pacientes externos, las estancias breves en los hospitales y los análisis clínicos también aumentan la necesidad de hoteles cerca de los hospitales.

Cómo seleccionan los lugares las cadenas de hoteles

Una de las decisiones más importantes en la industria del hospedaje es la que se refiere a la localización. Las cadenas de hoteles que escogen buenos sitios, con mayor precisión y rapidez que sus competidores tienen una ventaja estratégica distintiva. La Quinta Motor Inns, con oficinas centrales en San Antonio, Texas, es una cadena de 330 moteles con precios económicos, cuyos clientes son viajeros de negocios frecuentes. Para modelar el comportamiento del cliente al elegir un motel y predecir el éxito de un lugar, La Quinta se apoyó en el análisis de regresión estadística.⁴

El hotel comenzó por probar 35 variables independientes, buscando cuál de ellas tenía la correlación más alta con la rentabilidad pronosticada, la variable dependiente. Las variables independientes de la “competitividad” incluían el número de cuartos de hotel en el área y las tarifas promedio por cuarto. Las variables “generadoras de demanda” fueron atractivos locales como edificios de oficinas y hospitales que atraían clientes potenciales hacia el área comercial en un radio de 4 millas. Las variables “demográficas”, como la población local y la tasa de desempleo, también pueden influir en el éxito del hotel. Los factores de “conciencia de mercado”, como el número de moteles en la zona, fueron una cuarta categoría. Por último, las “características físicas” del lugar, como facilidad de acceso y visibilidad de letreros, constituían el último grupo de las 35 variables independientes.

Al final, el modelo de regresión seleccionado, con un coeficiente de determinación (r^2) de 51%, sólo incluyó cuatro variables de predicción. Éstas fueron *precio del motel*, *niveles de ingreso promedio*, *población estatal por motel* y *la ubicación cercana de universidades* (que sirven como indicador de otros generadores de demanda). Después, La Quinta usó el modelo de regresión para predecir la rentabilidad y desarrolló una plantilla que proporciona los mejores resultados al predecir el éxito o fracaso de un lugar. En la actualidad emplea una hoja de cálculo para implementar el modelo que aplica la regla de decisión y sugiere “construir” o “no construir”.

La industria del telemarketing

Las opciones de localización para industrias y oficinas que no requieren contacto personal con el cliente ni movimiento de materiales se amplían de manera sustancial. Un caso es la industria de telemarketing y las ventas por Internet, para las cuales nuestras variables tradicionales (como las mencionadas) dejan de

⁴Sheryl Kimes y James Fitzsimmons, “Selecting Profitable Hotel Sites at La Quinta Motor Inns”, *Interfaces* (marzo-abril de 1990): 12-20. También, en *Wall Street Journal* (19 de julio de 1995): B1, B5, encuentra un estudio de la forma en que Amerihost Inns toma sus decisiones de localización.

¿Dónde localizar a los profesionales de telemarketing? En Estados Unidos, dieciséis estados permiten ahora que compañías privadas contraten reclusos para lanzar productos, realizar encuestas o contestar sistemas de reservaciones de hoteles y aerolíneas.

ser relevantes. Cuando el movimiento electrónico de información es bueno, el costo y la disponibilidad de mano de obra pueden ser los factores que motivan la decisión de localización. Por ejemplo, Fidelity Investments reubicó a muchos de sus empleados de Boston en Covington, Kentucky. En la actualidad los empleados en la región de bajo costo de Covington se conectan, a través de líneas telefónicas de fibra óptica muy económicas, con sus colegas en la oficina de Boston por menos de un centavo de dólar por minuto. Es decir, por menos de lo que Fidelity paga por las conexiones locales.

Los cambios en el criterio de localización también llegan a afectar otros negocios. Por ejemplo, estados con pequeña carga fiscal y dueños de propiedades en los suburbios y las áreas rurales deberán progresar. Al igual que lo harán los proveedores de correo electrónico, los desarrolladores de software de intercambio electrónico, empresas de videoconferencias, productores de equipo electrónico de oficina y empresas de entrega de paquetería.

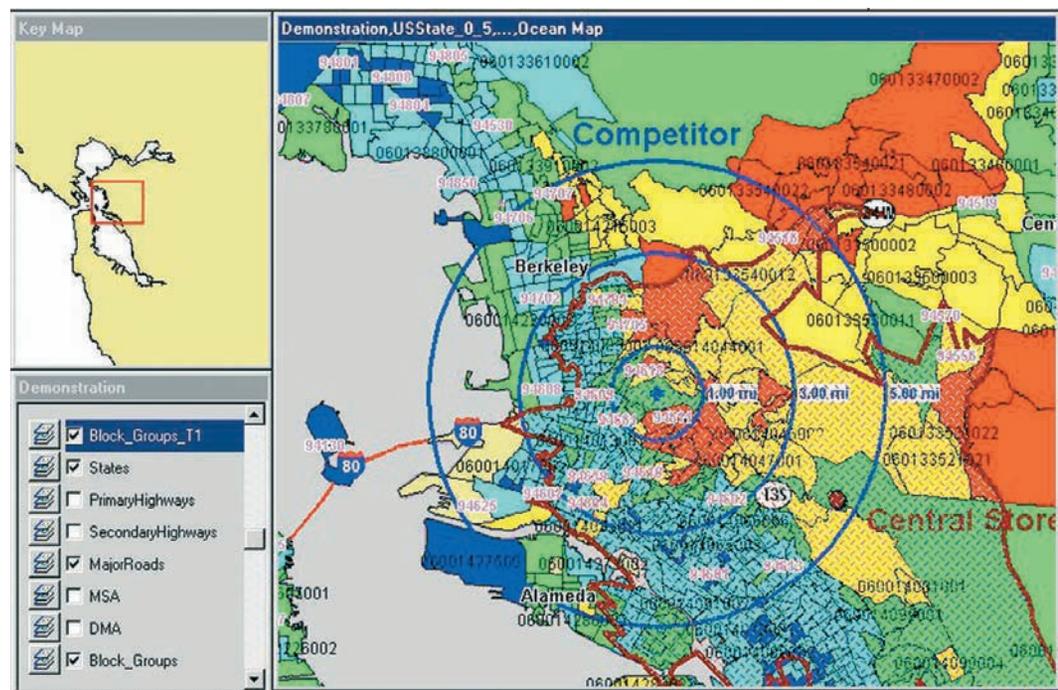
Sistemas de información geográfica

Los sistemas de información geográfica (GIS, *geographic information systems*) son una herramienta importante que ayuda a las empresas a tomar decisiones analíticas exitosas de localización. Vendedores al menudeo, bancos, gasolineras y franquicias de servicios de impresión utilizan los archivos con códigos geográficos de un GIS para realizar análisis demográficos. Mediante la combinación de las cifras de población, edad, ingreso, flujo de tráfico y densidad, con la geografía, un comerciante al menudeo señalará de manera puntual la mejor localización para una nueva tienda o restaurante.

Se mencionan algunas de las bases de datos geográficos disponibles en muchos GIS.

- Datos de censo por manzana, sección, ciudad, país, distrito electoral, área metropolitana, estado, código postal
- Mapas de cada calle, carretera, puente y túnel en Estados Unidos
- Servicios públicos, como líneas eléctricas, tuberías de agua y gas
- Todos los ríos, montañas, lagos y bosques
- Los principales aeropuertos, universidades y hospitales

Las aerolíneas, por ejemplo, usan GIS para identificar los aeropuertos que cuentan con los servicios terrestres más efectivos. Después se apoyan en esta información para programar y decidir dónde comprar combustible, alimentos y otros servicios.



Una variedad de empresas usa los sistemas de información geográfica (GIS) para identificar los mercados meta según el ingreso, grupo étnico, uso de productos, edad, etcétera. La información en este mapa apoya el análisis de competitividad. Se dibujaron tres círculos concéntricos con diferentes radios en millas, alrededor de la tienda del competidor. La comparación con el polígono de tiempo de recorrido (mostrado con la línea gruesa) alrededor de la localización del negocio propio (punto marcado como Central Store) ayuda a visualizar con facilidad la intersección con la competencia.

Las empresas que edifican desarrollos comerciales emplean GIS al elegir las ciudades para sus desarrollos futuros. La construcción de nuevos espacios de oficinas toma varios años y los desarrolladores valoran el enfoque de base de datos que GIS les ofrece. Los sistemas de información geográfica se emplean para analizar los factores que influyen en las decisiones de localización estudiando cinco elementos por ciudad: **1.** áreas residenciales; **2.** tiendas; **3.** centros culturales y de entretenimiento; **4.** incidencia delictiva, y **5.** opciones de transporte. Por ejemplo, un estudio en Tampa, Florida, mostró que el distrito comercial central carecía de características para sostener un mercado de oficinas con alta demanda, y sugería que los constructores debían buscar en otras partes.⁵

Por último, Pep Boys, un comerciante de autopartes con oficinas centrales en Filadelfia, desarrolló modelos sobre la forma en que puede utilizarse la tecnología GIS para identificar las localizaciones para las nuevas tiendas de la compañía. También emplea su GIS para decidir cuántas tiendas son necesarias con la finalidad de tener una cobertura adecuada en cierta área geográfica. Pep Boys usa un producto de software de GIS llamado Atlas GIS (de Strategic Mapping, Inc.). Otros paquetes similares son Hemisphere Solutions (de Unisys Corp.), Map Info (de MapInfo Corp.), Arc/Info (de ESRI), SAS/GIS (de SAS Institute, Inc.), Market Base (de National Decision Systems, Inc.) y MapPoint 2002 (de Microsoft).

Para ilustrar qué tan extensos son algunos GIS, considere el MapPoint 2002 de Microsoft, que incluye un juego exhaustivo de mapas y datos demográficos. Sus mapas de Estados Unidos tienen más de 6.4 millones de millas de calles y 1 millón de puntos de interés que permiten a los usuarios localizar restaurantes, aeropuertos, hoteles, gasolineras, cajeros automáticos, museos, campamentos y salidas de carreteras. Los datos demográficos incluyen estadísticas de población, edad, ingreso, educación y vivienda de 1980, 1990 y 2000, así como proyecciones para 2005. Estos datos se obtienen en mapas por estado, país, ciudad, código postal o seguimiento de censo. MapPoint 2002 produce mapas que identifican tendencias de negocios, señalan gráficas de mercado, localizan clientes y competidores, y visualizan el desempeño de ventas y la distribución de producto. La versión europea de MapPoint incluye 4.8 millones de kilómetros de caminos y 300 mil puntos de interés.⁶

RESUMEN

La localización puede significar hasta 10% del costo total de una empresa industrial. La localización también es un factor decisivo para determinar el ingreso de las empresas de servicios, ventas al menudeo o servicios profesionales. Las industrias deben considerar los costos tangibles e intangibles. Usualmente estudiamos los problemas de localización industrial mediante el método de calificación de factores, el análisis de punto de equilibrio de la localización, el método del centro de gravedad y el método de transporte de programación lineal.

Para las organizaciones de servicio, comerciales y profesionales, el análisis casi siempre comprende diversas variables que incluyen poder adquisitivo en el área de los clientes, competencia, publicidad y promoción, cualidades físicas de la localización y políticas de operación de la organización.

TÉRMINOS CLAVE

Costos tangibles
Costos intangibles
Agrupamiento
Método de calificación de factores

Análisis de punto de equilibrio de la localización
Método del centro de gravedad
Modelo de transporte

USO DE EXCEL OM PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN

Nuestro software de hojas de cálculo de Excel OM, se utiliza para resolver el ejemplo 1 (con el módulo de calificación de factores), el ejemplo 2 (con el módulo para análisis de punto de equilibrio), y el ejemplo 3 (con el módulo de centro de gravedad), así como otros problemas de localización. Para ilustrar el método de calificación de factores, considere el caso de Five Flags en Florida (ejemplo 1), que desea ampliar su presencia corporativa a Europa. El programa 7.1 proporciona los datos de cinco factores importantes, con sus ponderaciones y calificaciones en una escala de 1 a 100 (donde 100 es la calificación más alta) para cada país. Como podemos observar, Francia tiene una calificación más alta, con 70.4 puntos contra 68.0 de Dinamarca.

⁵G. I. Thrall y P. Amos, "Market Evaluation with GIS", *Geo Info System* (noviembre de 1999): 44-49.

⁶Fuente: www.geoplace.com/bg.

PROGRAMA 7.1

Módulo de calificación de factores de Excel OM; incluye datos de entrada, algunas fórmulas y salidas usando los datos de Five Flags en Florida, del ejemplo 1

Introduzca los nombres y ponderaciones de los factores en las columnas A y B.

Introduzca los puntos (proporcionados por las calificaciones del administrador) para Francia y Dinamarca de cada factor en las columnas C y D.

Aunque no es un requerimiento del procedimiento, elegir ponderaciones que suman 1 facilita la comunicación del proceso de decisión a los otros participantes. = SUMA(B8:B12)

Calcule los puntos ponderados, así como el producto de las ponderaciones y los puntos para cada ciudad mediante la función SUMAPRODUCTO. = SUMAPRODUCTO(\$B\$8:\$B\$12, D8)

USO DE POM PARA WINDOWS

Como Excel OM, POM para Windows también incluye dos modelos para la localización de las instalaciones: el método de calificación de factores y el modelo del centro de gravedad.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 7.1

Igual que se comparan ciudades y comunidades para seleccionar una localización mediante el modelo de ponderaciones, estudiado en este capítulo, podemos comparar la decisión del lugar dentro de esas ciudades. En la tabla 7.7 se ilustran cuatro factores clave para Washington, DC, y los funcionarios de salud encargados de abrir la primera clínica pública de tratamiento de problemas de drogadicción. La localización de la clínica era un aspecto primordial (con una ponderación de 5) para que fuera lo más accesible posible para el mayor número de pacientes. Debido a lo restringido del presupuesto, también el costo anual del contrato tenía cierta importancia. Un apartamento en el nuevo palacio de gobierno, en las calles 14ª y U, obtuvo una calificación muy alta ya que no se pagaría renta. Un viejo edificio de oficinas cerca de la estación de autobuses en el

centro recibió una calificación mucho más baja por su costo. De igual importancia que el costo del contrato, era la necesidad de anonimato de los pacientes y, por ende, de una clínica que no llamara la atención de la gente. Por último, y debido a que buena parte del personal de la clínica estaría donando su tiempo, también eran de interés la seguridad, el estacionamiento y la accesibilidad de cada lugar.

Con el método de calificación de factores, ¿qué sitio es preferible?

SOLUCIÓN

De las tres primeras columnas de la tabla 7.7, se suman los puntos ponderados. El área de la terminal de autobuses tiene pocos puntos y en adelante puede excluirse. Sin embargo, como los puntos totales de los otros dos sitios son casi idénticos, quizá la ciudad quiera considerar otros factores, como los políticos, para seleccionar entre los dos lugares restantes.

TABLA 7.7 Lugares potenciales para la clínica en Washington, DC

| FACTOR | IMPORTANCIA PONDERADA | LOCALIZACIONES POTENCIALES ^a | | | PUNTOS PONDERADOS | | |
|---|-----------------------|--|---|--|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| | | ALBERGUES PARA PERSONAS SIN HOGAR (2 ^a . Y D, SE) | PALACIO DE GOB. (14 ^a Y U, NO) | ÁREA DE TERMINAL DE AUTOBUSES (7 ^a Y H, NO) | ALBERGUES PARA PERSONAS SIN HOGAR | PALACIO DE GOBIERNO | ÁREA DE LA TERMINAL DE AUTOBUSES |
| Accesibilidad para los adictos | 5 | 9 | 7 | 7 | 45 | 35 | 35 |
| Costo anual de renta | 3 | 6 | 10 | 3 | 18 | 30 | 9 |
| Discreción | 3 | 5 | 2 | 7 | 15 | 6 | 21 |
| Accesibilidad para el personal de salud | 2 | 3 | 6 | 2 | 6 | 12 | 4 |
| | | | | Puntos totales: | 84 | 83 | 69 |

^a Todos los lugares se califican en una escala de 1 a 10; 10 es la calificación más alta y 1 la más baja.

Fuente: de Service Management and Operations, 2a. ed., por Haksever/Render/Russell/Murdick, p. 266. Derechos reservados © 2000. Reimpreso con autorización de Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NY.

Problema resuelto 7.2

Chuck Bimmerle está pensando abrir una nueva fundidora en Denton, Texas; Edwardsville, Illinois, o Fayetteville, Arkansas, para producir mirillas de alta calidad para rifles. Chuck reunió los siguientes datos de costos fijos y costos variables.

| LOCALIZACIÓN | COSTO FIJO POR AÑO | COSTOS POR UNIDAD | | |
|--------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| | | MATERIAL | MANO DE OBRA VARIABLE | GASTOS GENERALES |
| Denton | \$200,000 | \$.20 | \$.40 | \$.40 |
| Edwardsville | \$180,000 | \$.25 | \$.75 | \$.75 |
| Fayetteville | \$170,000 | \$1.00 | \$1.00 | \$1.00 |

- a) Grafique las rectas de costo total.
- b) ¿En qué intervalo de volumen anual tendrá una ventaja competitiva cada instalación?
- c) ¿Cuál es el volumen en la intersección de las rectas de costo de Edwardsville y Fayetteville?

SOLUCIÓN

- a) La gráfica de las rectas de costo total se muestra en la figura 7.5.
- b) Abajo de 8,000 unidades, la instalación de Fayetteville tendrá una ventaja competitiva (el costo más bajo); entre 8,000 y 26,666 unidades, Edwardsville tiene la ventaja; y arriba de 26,666, Denton la tiene. (En este problema hemos supuesto que otros costos —es decir, entrega y factores intangibles— son constantes sin importar la decisión.)
- c) En la figura 7.5, observamos que la recta de costo de Fayetteville y la recta de costo de Edwardsville se cruzan en casi 8,000. También podemos determinar este punto con un poco de álgebra:

$$\begin{aligned}
 \$180,000 + 1.75Q &= \$170,000 + 3.00Q \\
 \$10,000 &= 1.25Q \\
 8,000 &= Q
 \end{aligned}$$

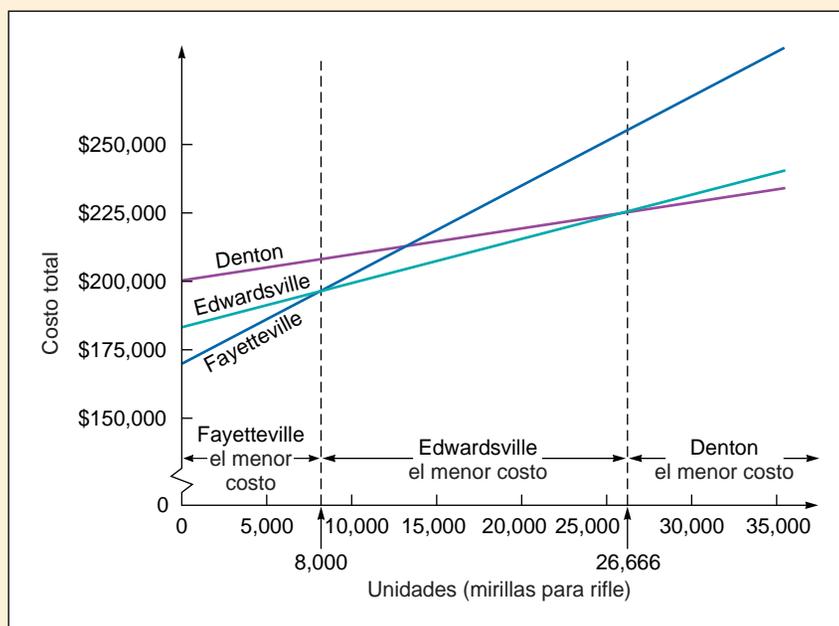


FIGURA 7.5 ■ Gráfica de las rectas de costos totales para Chuck Bimmerle

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet
- Casos en Internet



PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Cuál es el concepto clave de la ventaja competitiva de localización de FedEx? Explique.
2. ¿Por qué muchas empresas estadounidenses construyen instalaciones en otros países?
3. ¿Por qué tantas empresas extranjeras construyen instalaciones en Estados Unidos?
4. ¿Qué significa “agrupamiento”?
5. ¿Cómo incorpora la ponderación de factores la preferencia personal en la selección de localización?
6. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del enfoque cualitativo (contra el cuantitativo) para la toma de decisiones de localización?
7. Proporcione dos ejemplos de agrupamiento en el sector servicios.
8. ¿Cuáles son los principales factores que las empresas consideran cuando eligen un país para sus instalaciones?
9. ¿Qué factores afectan las decisiones de localización en una región/comunidad?
10. Aunque la mayoría de las organizaciones toman decisiones de localización con poca frecuencia, existen algunas que lo hacen con bastante regularidad y frecuencia. Mencione uno o dos ejemplos. ¿En qué difiere su enfoque para la decisión de localización de la norma?
11. Además de la globalización, enumere los factores que afectan la decisión de localización.
12. Explique las suposiciones que respaldan el método del centro de gravedad. ¿Cómo se emplea este método en la localización de instalaciones de servicio?
13. ¿Cuáles son los tres pasos en el análisis de punto de equilibrio de la localización?
14. Un antiguo adagio sobre la localización afirma: “los fabricantes se localizan cerca de los recursos, los comerciantes se localizan cerca de sus clientes”. Analícelo en relación con los argumentos de proximidad a los mercados que se presentaron en el texto. ¿Hay un contraejemplo para cada caso? Justifique su ejemplo.
15. ¿Por qué las tasas salariales no deben ser el único criterio para seleccionar una localización?
16. Enumere las técnicas empleadas por las organizaciones de servicios en la selección de localización.
17. Compare la localización de un distribuidor de alimentos y la de un supermercado. (El distribuidor envía camiones con carga de alimentos, carne, productos, etcétera, al supermercado). Muestre las consideraciones relevantes (factores) que comparten; muestre aquellos en los que difieren.
18. Elmer’s Fudge Factory planea abrir 10 tiendas en Oregon durante los próximos dos años. Identifique (y pondere) los factores relevantes para la decisión. Proporcione la lista de factores y sus ponderaciones.



EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

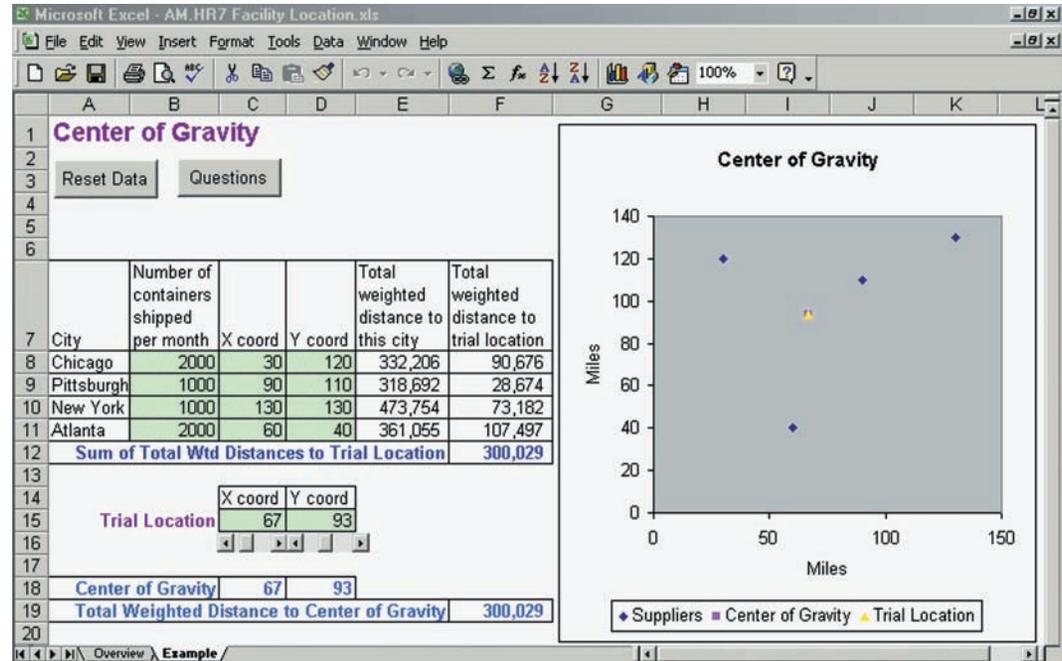
En este capítulo analizamos varias decisiones de localización. Considere otra: United Airlines anunció su concurso para seleccionar la población donde instalaría una nueva base de reparación de aviones, de mil millones de dólares. La pugna por el premio de 7,000 empleos fue rápida y agresiva, la oferta de Orlando consistió en \$154 millones en incentivos, y la de Denver fue más del doble. El gobernador de Kentucky, enojado, rescindió la oferta de Louisville por \$300 millones, igualando la oferta “hasta expri-

mir la última gota”. ¿Cuáles son las implicaciones éticas, legales y económicas de estas guerras por ganar la localización? ¿Quién paga tales concesiones? ¿Los ciudadanos locales tienen voz y voto sobre las ofertas que hacen sus ciudades, países o estados? ¿Debe haber límites para estos incentivos?



EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este modelo activo le permite evaluar elementos importantes del modelo del centro de gravedad.



MODELO ACTIVO 7.1 ■

Modelo del centro de gravedad usando los datos de Quain Department Store del ejemplo 3.

Preguntas

1. ¿Cuál es la distancia ponderada total desde el almacén actual, viejo e inadecuado, en Pittsburgh?
2. Si reubican el almacén en el centro de gravedad, ¿en cuánto se reducirá la distancia ponderada total de envíos?
3. Observe la gráfica. Si se duplica el número de envíos desde Nueva York, ¿de qué forma afectaría esto al centro de gravedad?
4. El centro de gravedad no necesariamente encuentra el lugar con la distancia ponderada total mínima. Use las barras de desplazamiento para cambiar la localización que se prueba y vea si puede mejorar (acortar) la distancia.
5. Si tiene instalado Solver de Excel, elija del menú principal de Excel "Tools, Solver, Solve" para ver la mejor respuesta a la pregunta anterior.



PROBLEMAS*

- 7.1 En Camboya, seis trabajadores, cada uno con un sueldo equivalente a \$3 por día, pueden producir 40 unidades diarias. En China, 10 trabajadores, cada uno con un sueldo equivalente a \$2 por día, pueden producir 45 unidades diarias. En Billings, Montana, 2 trabajadores, cada uno con un sueldo de \$60 por día, pueden producir 100 unidades diarias. Con base sólo en los costos de mano de obra, ¿en qué lugar sería más económico producir el artículo?
- 7.2 Regrese al problema 7.1. El costo de envío de Camboya a Denver, Colorado, el destino final, es \$1.50 por unidad. El costo de envío de China a Denver es \$1 por unidad, mientras que de Billings a Denver es \$0.25 por unidad. Tomando en cuenta los costos de mano de obra y los de transporte, ¿cuál es la localización más favorable para la producción?
- : 7.3 Le piden que analice las cotizaciones para 200 discos pulidos que se usan en paneles de energía solar. Tres proveedores han entregado sus cotizaciones: Thailand Polishing, India Shine y Sacramento Glow. La cotización de Thailand Polishing es 2,000 bahts, la de India Shine es 2,000 rupias y la de Sacramento Glow es \$200 dólares. Usted se informó en su banco local y encontró que \$1 dólar = a 10 bahts y que \$1 dólar = a 8 rupias. ¿Qué compañía elegiría usted?

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; significa que el problema se resuelve con Excel OM; y **P** quiere decir que el problema se resuelve con POM para Windows o con Excel OM.

- 7.4 Regrese al problema 7.3. Si el destino final es Nueva Delhi, India, y el impuesto de importación es 30%, ¿qué empresa debe elegir?

- Px** 7.5 Holiday Health, Inc. va a abrir un nuevo *spa*, y está considerando tres localizaciones en los suburbios. En la siguiente tabla encontrará los factores para cada sitio. ¿Dónde debe abrir Holiday su nuevo *spa*?

| FACTOR | PESO | NORTHSIDE | | |
|------------------------|------|-----------|-----------|------|
| | | MAITLAND | CRESTWOOD | MALL |
| Superficie del terreno | .30 | 60 | 70 | 80 |
| Costos del terreno | .25 | 40 | 80 | 30 |
| Densidad de tráfico | .20 | 50 | 80 | 60 |
| Ingreso en el área | .15 | 50 | 70 | 40 |
| Leyes de zonificación | .10 | 80 | 20 | 90 |

- Px** 7.6 Karen Fowler es propietaria de Rockey Mountain Coolers, un equipo de básquetbol semiprofesional en el norte de Colorado. Desea llevar a los Coolers al este, ya sea a Atlanta o a Charlotte. La siguiente tabla presenta los factores que Karen considera importantes, sus ponderaciones y los puntos para Atlanta y Charlotte. ¿Qué sitio deberá elegir?

| FACTOR | PONDERACIÓN | ATLANTA | CHARLOTTE |
|--------------------------|-------------|---------|-----------|
| Incentivo | .4 | 80 | 60 |
| Satisfacción del jugador | .3 | 20 | 50 |
| Interés en los deportes | .2 | 40 | 90 |
| Tamaño de la ciudad | .1 | 70 | 30 |

- Px** 7.7 Insurance Company of Latin America (ILA) está pensando abrir una oficina en Estados Unidos. Las dos ciudades contempladas son Filadelfia y Nueva York. La calificación de los factores (los puntos más altos son mejores) para las dos ciudades se muestra en la siguiente tabla. ¿En qué ciudad deberá localizarse ILA?

| FACTOR | PONDERACIÓN | FILADELFIA | NUEVA YORK |
|-------------------------|-------------|------------|------------|
| Cercanía al cliente | .25 | 70 | 80 |
| Acceso a los bancos | .20 | 40 | 90 |
| Soporte de computadoras | .20 | 85 | 75 |
| Costos de renta | .15 | 90 | 55 |
| Costos de mano de obra | .10 | 80 | 50 |
| Impuestos | .10 | 90 | 50 |

- Px** 7.8 Beth Spenser Retailers tiene que decidir la localización de una nueva tienda. Por el momento la empresa tiene tres alternativas: quedarse donde está pero ampliar las instalaciones; establecerse en la calle principal de Newbury que está cerca; o instalarse en el nuevo centro comercial de Hyde Park. La compañía ha seleccionado los cuatro factores que se enumeran en la siguiente tabla como base para su evaluación y les ha asignado las ponderaciones dadas:

| FACTOR | DESCRIPCIÓN DEL FACTOR | PESO |
|--------|---|------|
| 1 | Ingreso promedio en la comunidad | .30 |
| 2 | Crecimiento potencial de la comunidad | .15 |
| 3 | Disponibilidad de transporte público | .20 |
| 4 | Disponibilidad de mano de obra, actitud y costo | .35 |

Con las siguientes calificaciones para cada localización y cada factor en una escala de 100 puntos, ¿cuál será la mejor decisión de localización?:

| FACTOR | LOCALIZACIÓN | | |
|--------|--------------------|---------|-----------|
| | LOCALIZACIÓN ANUAL | NEWBURY | HYDE PARK |
| 1 | 40 | 60 | 50 |
| 2 | 20 | 20 | 80 |
| 3 | 30 | 60 | 50 |
| 4 | 80 | 50 | 50 |

- Px** 7.9 El análisis de localización para Temponi Controls, una pequeña fábrica de partes para sistemas de cable de alta tecnología, se ha reducido a cuatro localizaciones. Temponi necesitará capacitar personal de ensamble, prueba y manteni-

miento de robots en los centros locales de capacitación. Cecilia Temponi, su presidenta, ha solicitado a cada sitio potencial los programas de capacitación, la tasa preferencial de impuestos y otros incentivos industriales que puedan ofrecer. Los factores críticos, sus ponderaciones, y la calificación para cada localización se muestran a continuación. Los puntos altos representan valores favorables.

| FACTOR | PESO | LOCALIZACIÓN | | | |
|----------------------------------|------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | AKRON, OH | BILOXI, MS | CARTHAGE, TX | DENVER, CO |
| Disponibilidad de mano de obra | .15 | 90 | 80 | 90 | 80 |
| Calidad de escuelas técnicas | .10 | 95 | 75 | 65 | 85 |
| Costo de operación | .30 | 80 | 85 | 95 | 85 |
| Costo del terreno y construcción | .15 | 60 | 80 | 90 | 70 |
| Incentivos industriales | .20 | 90 | 75 | 85 | 60 |
| Costo de mano de obra | .10 | 75 | 80 | 85 | 75 |

- a) Calcule la calificación compuesta (promedio ponderado) para cada localización.
- b) ¿Qué sitio elegiría?
- c) ¿Llegaría a la misma conclusión si se invirtieran los pesos del costo de operación y el costo de mano de obra? Calcule de nuevo lo necesario y explique.

Px 7.10

Consolidated Refineries, con oficinas centrales en Houston, debe decidir entre tres lugares para la construcción de un nuevo centro de procesamiento de petróleo. La empresa seleccionó los seis factores que se enumeran como base para su evaluación y asignó a cada factor un peso de calificación de 1 a 5.

| FACTOR | NOMBRE DEL FACTOR | PONDERACIÓN DE LA CALIFICACIÓN |
|--------|--|--------------------------------|
| 1 | Proximidad a las instalaciones del puerto | 5 |
| 2 | Disponibilidad de fuentes de energía y costo | 3 |
| 3 | Actitud y costo de la fuerza de trabajo | 4 |
| 4 | Distancia desde Houston | 2 |
| 5 | Ventajas de la comunidad | 2 |
| 6 | Proveedores de equipo en el área | 3 |

La administración calificó cada localización para cada factor en una escala de 1 a 100 puntos.

| FACTOR | LOCALIZACIÓN A | LOCALIZACIÓN B | LOCALIZACIÓN C |
|--------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 100 | 80 | 80 |
| 2 | 80 | 70 | 100 |
| 3 | 30 | 60 | 70 |
| 4 | 10 | 80 | 60 |
| 5 | 90 | 60 | 80 |
| 6 | 50 | 60 | 90 |

¿Qué sitio deberá recomendarse?

Px 7.11

Una compañía planea una expansión y la construcción de una nueva planta en alguno de tres países al sureste de Asia. David Pentico, el administrador encargado de tomar la decisión, determinó que se consideran cinco factores críticos para el éxito (FCE) para evaluar a los países candidatos. Pentico utilizó un sistema de calificación de 1 (el país menos deseable) a 5 (el más deseable) para evaluar cada FCE. ¿Qué país debe elegir para la nueva planta?

| FACTORES CRÍTICOS PARA EL ÉXITO | PONDERACIÓN | CALIFICACIÓN DEL PAÍS CANDIDATO | | |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|-----------|----------|
| | | TAIWAN | TAILANDIA | SINGAPUR |
| Tecnología | 0.2 | 4 | 5 | 1 |
| Nivel educativo | 0.1 | 4 | 1 | 5 |
| Aspectos políticos y legales | 0.4 | 1 | 3 | 3 |
| Aspectos sociales y culturales | 0.1 | 4 | 2 | 3 |
| Factores económicos | 0.2 | 3 | 3 | 2 |

Px 7.12

Thomas Green College piensa abrir un campus en Europa, al que puedan ir los estudiantes del campus principal a estudiar uno de los cuatro años de carrera. Por el momento está considerando cinco países: Holanda, Gran Bretaña, Italia, Bélgica y Grecia. La universidad desea tomar en cuenta ocho factores en su decisión. Todos los factores tienen el mismo peso. En la siguiente tabla se ilustra la evaluación de cada factor para cada país (5 es lo mejor).

| FACTOR | DESCRIPCIÓN DEL FACTOR | GRAN | | | | |
|--------|--|---------|---------|--------|---------|--------|
| | | HOLANDA | BRETAÑA | ITALIA | BÉLGICA | GRECIA |
| 1 | Estabilidad del gobierno | 5 | 5 | 3 | 5 | 4 |
| 2 | Grado en que la población habla inglés | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| 3 | Estabilidad del sistema monetario | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 4 | Infraestructura de comunicaciones | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| 5 | Infraestructura de transportes | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 |
| 6 | Disponibilidad de puntos históricos/culturales | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 7 | Restricciones de importación | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 8 | Disponibilidad de oficinas adecuadas | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 |

¿En qué país de Europa deberá Thomas Green College abrir su nuevo campus?

P_x 7.13 ¿En qué cambiaría la decisión en el problema 7.12 si el “grado en que la población habla inglés” no se tomara en cuenta?

P_x 7.14 Una empresa de consultoría estadounidense planea una expansión de globalización abriendo una nueva oficina en uno de los siguientes países: Alemania, Italia, España o Grecia. La socia encargada de tomar la decisión, Cindy Ruppel, identificó los ocho factores críticos para el éxito (FCE) que considera esenciales para cualquier consultoría. El sistema de calificación que usó para evaluar cada FCE va de 1 (país menos deseable) a 5 (más deseable). ¿Qué país deberá seleccionar para abrir la nueva oficina?

| FACTORES CRÍTICOS PARA EL ÉXITO | PESO | CALIFICACIONES DEL PAÍS CANDIDATO | | | |
|--|------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| | | ALEMANIA | ITALIA | ESPAÑA | GRECIA |
| Nivel de educación | | | | | |
| Número de consultores | .05 | 5 | 5 | 5 | 2 |
| Índice nacional de alfabetización | .05 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| Aspectos políticos | | | | | |
| Estabilidad de gobierno | 0.2 | 5 | 5 | 5 | 2 |
| Leyes sobre responsabilidad del producto | 0.2 | 5 | 2 | 3 | 5 |
| Normas ambientales | 0.2 | 1 | 4 | 1 | 3 |
| Aspectos sociales y culturales | | | | | |
| Semejanza en el idioma | 0.1 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| Aceptación de los consultores | 0.1 | 1 | 4 | 4 | 3 |
| Factores económicos | | | | | |
| Incentivos | 0.1 | 2 | 3 | 1 | 5 |

P_x 7.15 Una cadena inglesa de hospitales quiere entrar al mercado estadounidense construyendo una instalación médica en el medio oeste, una región en la que su director, Doug Moodie, se siente cómodo por haber estudiado medicina en Northwestern University. Después del análisis preliminar optaron por analizar cuatro ciudades. Se calificaron de acuerdo con los factores que se muestran a continuación:

| FACTOR | PESO | CIUDAD | | | |
|------------------------------|------|---------|-----------|---------|---------|
| | | CHICAGO | MILWAUKEE | MADISON | DETROIT |
| Costo | 2.0 | 8 | 5 | 6 | 7 |
| Necesidad de una instalación | 1.5 | 4 | 9 | 8 | 4 |
| Disponibilidad de personal | 1.0 | 7 | 6 | 4 | 7 |
| Incentivos locales | 0.5 | 8 | 6 | 5 | 9 |

- a) ¿Qué ciudad debe elegir Moodie?
- b) Suponga que ahora se requiere un mínimo de 5 puntos para todos los factores. ¿Qué ciudad debe seleccionarse?

P_x 7.16 Los costos fijos y variables de tres lugares potenciales para instalar una planta de manufactura de sillas de ratán se dan en la tabla:

| SITIO | COSTO FIJO ANUAL | COSTO VARIABLE POR UNIDAD |
|-------|------------------|---------------------------|
| 1 | \$ 500 | \$11 |
| 2 | 1,000 | 7 |
| 3 | 1,700 | 4 |

- a) ¿Para qué cantidad de producción es óptima cada localización?
- b) Para una producción de 200 unidades, ¿qué lugar es mejor?

P 7.17 Peter Billington Stereo, Inc., hace radios para los fabricantes de automóviles y va a abrir una nueva planta. La compañía aún no decide entre Detroit o Dallas. Los costos fijos en Dallas son más bajos debido a que el costo del terreno es menor, pero los costos variables son más altos porque las distancias de envío se incrementan. Con los siguientes datos, analice para qué volumen es preferible cada localización.

| | DALLAS | DETROIT |
|------------------|------------|------------|
| Costos fijos | \$600,000 | \$800,000 |
| Costos variables | \$28/radio | \$22/radio |

P 7.18 En la actualidad su compañía compra abrazaderas soldadas a un proveedor local a un costo de \$2.20 cada una. Su supervisor de producción le presentó tres alternativas para hacer las abrazaderas en la planta. Cada alternativa emplea un equipo diferente y cantidades distintas de mano de obra y materiales. La alternativa A requiere comprar un equipo que cuesta \$6,000 con un costo variable de \$.95 por abrazadera. La alternativa B usaría un equipo que cuesta \$10,000 pero el costo variable bajaría a \$.45 por unidad. Por último, la alternativa C requiere el equipo más costoso, de \$12,000, y un costo variable de sólo \$.30 por unidad. ¿En qué intervalo de demanda seleccionaría cada alternativa?

P 7.19 Hugh Leach Corp., productor de máquinas herramienta, desea cambiarse a un sitio más grande, y ha identificado dos alternativas de localización: Bonham y McKinney. Bonham tendría costos fijos de \$800,000 al año y costos variables de \$14,000 por unidad estándar producida. McKinney tendría costos fijos anuales de \$920,000 y costos variables de \$13,000 por unidad estándar. Los artículos terminados se venden a \$29,000 cada uno.

- ¿Para qué volumen de producción tendrían utilidades ambas localizaciones?
- ¿Para qué intervalo de producción sería superior (mayor utilidad) Bonham?
- ¿Para qué intervalo sería superior McKinney?
- ¿Cuál es la relevancia de los puntos de equilibrio para estas ciudades?

P 7.20 La siguiente tabla contiene las coordenadas del mapa y las cargas de embarque para una serie de ciudades que deseamos conectar mediante un “eje” central. ¿Cerca de qué coordenadas en el mapa deberá localizarse el centro?

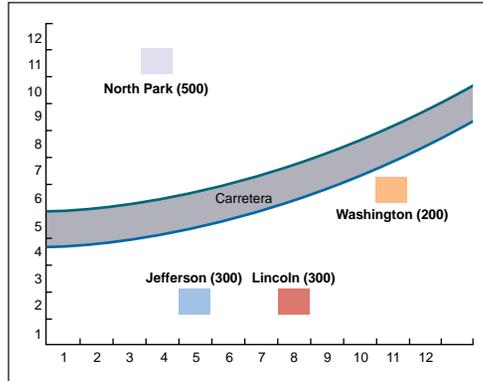
| CIUDAD | COORDENADAS EN MAPAS (x, y) | CARGA DE EMBARQUE |
|--------|-----------------------------|-------------------|
| A | (5, 10) | 5 |
| B | (6, 8) | 10 |
| C | (4, 9) | 15 |
| D | (9, 5) | 5 |
| E | (7, 9) | 15 |
| F | (3, 2) | 10 |
| G | (2, 6) | 5 |

P 7.21 Una cadena de empresas de Louisiana para el cuidado de la salud necesita localizar una oficina central desde la cual pueda realizar auditorías internas y otras revisiones periódicas de sus instalaciones. Dichas instalaciones se encuentran dispersas por todo el estado, como se detalla en la tabla que sigue. Cada sitio, excepto el de Houma, se visita 3 veces al año por un equipo de trabajadores que irá en auto desde la oficina central. Houma se visita 5 veces al año. ¿Qué coordenadas representan la localización central que minimiza las distancias desde el eje central? ¿Qué otros factores pueden influir en la toma de decisiones de la localización de la oficina? ¿En qué lugar ubicaría esta oficina? ¿Explique por qué?

| CIUDAD | COORDENADAS EN EL MAPA | |
|----------------|------------------------|-----|
| | X | Y |
| Covington | 9.2 | 3.5 |
| Donaldsonville | 7.3 | 2.5 |
| Houma | 7.8 | 1.4 |
| Monroe | 5.0 | 8.4 |
| Natchitoches | 2.8 | 6.5 |
| New Iberia | 5.5 | 2.4 |
| Opelousas | 5.0 | 3.6 |
| Ruston | 3.8 | 8.5 |

P_x : 7.22 Una pequeña comunidad rural ha tenido un crecimiento sin precedentes en los últimos 6 años y, en consecuencia, el distrito escolar local construyó la nueva escuela primaria North Park para 500 estudiantes. El distrito cuenta con tres escuelas primarias más pequeñas y antiguas: Washington, Jefferson y Lincoln. Ahora, la presión del crecimiento está en la educación secundaria. El distrito escolar desea construir una escuela secundaria céntrica de manera que se reduzcan los costos de transporte escolar. La antigua escuela secundaria está junto a la escuela preparatoria y formará parte de esas instalaciones.

- a) ¿Cuáles son las coordenadas de una localización céntrica?
- b) ¿Qué otros factores deben considerarse antes de construir una escuela?



P_x : 7.23 Todd's Video, una cadena de renta y venta de videos con oficinas centrales en Nueva Orleans, está a punto de abrir su primera tienda en Mobile, Alabama, y desea elegir una localización en el centro de la base de población. Todd analiza las siete cifras del censo en Mobile, traza las coordenadas del centro de cada una en el mapa y busca la base de población de cada una para usarla como ponderación. La información recabada se muestra en la siguiente tabla. ¿En qué coordenadas del centro de gravedad debe localizar la nueva tienda?

| RUTA DEL CENSO | POBLACIÓN EN LA RUTA DEL CENSO | COORDENADAS DEL MAPA X, Y |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|
| 101 | 2,000 | (25, 45) |
| 102 | 5,000 | (25, 25) |
| 103 | 10,000 | (55, 45) |
| 104 | 7,000 | (50, 20) |
| 105 | 10,000 | (80, 50) |
| 106 | 20,000 | (70, 20) |
| 107 | 14,000 | (90, 25) |

P_x : 7.24 Ramon Haynes posee una compañía de ambulancias que atiende a cuatro hospitales en Clairmont, California. Las coordenadas en el mapa para el hospital en el noroeste son 20 oeste y 50 norte. La ubicación del hospital en el noreste es 15 este, 30 norte. Las coordenadas del hospital del suroeste son 10 oeste, 40 sur. El hospital del sureste se ubica en las coordenadas 25 este, 10 sur. El número promedio de salidas de servicio de Haynes al hospital del noroeste son 60, al del noreste 40, al del suroeste 50, y al del sureste 100. Use el sistema del mapa de coordenadas para determinar dónde debe Haynes localizar sus oficinas para que estén lo más céntricas posible.

P_x : 7.25 La unificación de Europa ha traído consigo cambios en el reglamento de las aerolíneas, que afectan en forma considerable a las grandes transportadoras europeas, como British International Air, SAS, KLM, Air France, Alitalia y Swiss. Con ambiciosos planes de expansión, British International Air (BIA) ha decidido que necesita un segundo centro de servicio en el continente europeo, para complementar las operaciones en los grandes talleres de reparación en Heathrow (Londres). La selección de localización es crucial y ante la oferta potencial de 4,000 nuevos empleos para obreros calificados, prácticamente toda ciudad de Europa occidental está compitiendo activamente por atraer el negocio de BIA.

Después de las investigaciones iniciales realizadas por Holmes Miller, encargado del Departamento de operaciones, BIA redujo la lista a 9 ciudades. Calificó cada una según 12 factores, que se muestran en la tabla de la página siguiente.

- a) Ayude a Miller a calificar a las tres ciudades más importantes que BIA debe considerar para decidir la localización de su nuevo centro de servicio de aeronaves.
- b) Después de otras investigaciones Miller decidió que la existencia de hangares de reparaciones no es tan importante como lo había pensado. Si reduce el peso de ese factor a 30, ¿cambia la calificación?
- c) Después que Miller realizó el cambio en el inciso b), Alemania anunció que ha reconsiderado su oferta de incentivos financieros, con un paquete adicional de 200 millones de euros para convencer a BIA. En consecuencia, BIA subió a 10 la calificación de Alemania para ese factor. ¿Hay algún cambio en la calificación más alta del inciso b)?

Tabla para el problema 7.25

| FACTOR | PONDERACIÓN DE IMPORTANCIA | LOCALIZACIÓN | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------|------|--------|---------|------|------|----------|------|--------|
| | | ITALIA | | | FRANCIA | | | ALEMANIA | | |
| | | MILÁN | ROMA | GÉNOVA | PARÍS | LYON | NIZA | MUNICH | BONN | BERLÍN |
| Incentivos financieros | 85 | 8 | 8 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Equipo de mano de obra calificada | 80 | 4 | 6 | 5 | 9 | 9 | 7 | 10 | 8 | 9 |
| Instalaciones existentes | 70 | 5 | 3 | 2 | 9 | 6 | 5 | 9 | 9 | 2 |
| Tasas salariales | 70 | 9 | 8 | 9 | 4 | 6 | 6 | 4 | 5 | 5 |
| Competencia por los trabajos | 70 | 7 | 3 | 8 | 2 | 8 | 7 | 4 | 8 | 9 |
| Facilidad de acceso del tráfico aéreo | 65 | 5 | 4 | 6 | 2 | 8 | 8 | 4 | 8 | 9 |
| Costo de bienes raíces | 40 | 6 | 4 | 7 | 4 | 6 | 6 | 3 | 4 | 5 |
| Enlaces de comunicación | 25 | 6 | 7 | 6 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 8 |
| Atractivo para reubicación de ejecutivos | 15 | 4 | 8 | 3 | 9 | 6 | 6 | 2 | 3 | 3 |
| Consideraciones políticas | 10 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Posibilidades de expansión | 10 | 10 | 2 | 8 | 1 | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| Fuerza de los sindicatos | 10 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: del 8.26 al 8.34.

CASO DE ESTUDIO

Southern Recreational Vehicle Company

En octubre de 2001, la alta administración de Southern Recreational Vehicle Company de St. Louis, Missouri, anunció sus planes de reubicar sus operaciones de manufactura y ensamble construyendo una nueva planta en Ridgcrest, Mississippi. La empresa, importante fabricante de *campers* para *pickup* y trailers de campamento, registró durante cinco años consecutivos la baja de sus utilidades como resultado del aumento constante en los costos de producción. Los costos de mano de obra y materia prima han aumentado en forma alarmante, el incremento en los costos de luz, gas y agua es significativo y los gastos en transporte e impuestos han aumentado de manera estable. Pese al aumento en las ventas, la compañía sufrió su primera pérdida neta desde que comenzó sus operaciones en 1982.

Cuando la administración empezó a considerar su reubicación, inspeccionó con detalle varias áreas geográficas. Tenían importancia primordial para la decisión de reubicación la disponibilidad de instalaciones adecuadas de transporte, las estructuras tributarias estatal y municipal, la oferta adecuada de mano de obra, las actitudes positivas de la comunidad, los costos razonables del sitio y los incentivos financieros. Aun cuando varias comunidades ofrecían básicamente los mismos incentivos, la administración de Southern Recreational Vehicle Company se impresionó favorablemente con los esfuerzos de la compañía de luz de Mississippi por atraer industrias “limpias y con mano de obra intensiva” y el entusiasmo mostrado por los ejecutivos estatales y locales, quienes buscaban impulsar la economía del estado convenciendo a las empresas de manufactura de instalarse en su territorio.

Dos semanas antes de anunciarlo, la administración de Southern Recreational Vehicle Company concluyó sus planes de reubicación. Se seleccionó un viejo edificio en el parque industrial de Ridgcrest (la instalación física había albergado una fábrica de casas móviles que quebró por financiamiento inadecuado y administración deficiente); se comenzó el reclutamiento a través de la oficina de empleos del estado; y se iniciaron también los trámites para vender o rentar la propiedad en St. Louis.

Entre las ofertas de inducción para que Southern Recreational Vehicle Company se instalara en Ridgcrest estaban

1. La exención de impuestos nacionales y estatales durante 5 años.
2. Servicios gratuitos de agua y drenaje.
3. Construcción de un segundo muelle de carga —sin costo— en el parque industrial.
4. Un acuerdo para emitir \$500,000 en bonos industriales para expansión futura.
5. Capacitación de trabajadores subvencionada, en una escuela local de comercio industrial.

Además de estos incentivos, había otros factores que tenían gran peso en la decisión de ubicarse en el pequeño pueblo de Mississippi. Los costos de mano de obra eran significativamente más bajos que los que tenía en St. Louis; no se esperaba que el sindicato de trabajadores fuera tan poderoso (Mississippi es un estado con derechos laborales correctos); y los costos de servicios públicos e impuestos serían moderados. Con todo esto, la administración de Southern Recreational Vehicle Company consideró que su decisión era acertada.

El 15 de octubre, se anexó el siguiente anuncio al cheque de pago de cada trabajador:

Para: trabajadores de Southern Recreational Vehicle Company

De: Gerald O'Brian, Presidente

La administración de Southern Recreational Vehicle Company lamenta anunciar sus planes de cesar todas sus operaciones de manufactura en St. Louis el 31 de diciembre. Debido a los crecientes costos de operación y las demandas poco razonables impuestas a la compañía por el sindicato, se ha vuelto imposible operar en forma rentable. En lo personal, aprecio de manera sincera los servicios que cada uno de ustedes prestó a la compañía durante los últimos años. Si en algo puedo ayudarles para encontrar un empleo adecuado con otra empresa, por favor háganmelo saber. Una vez más, agradezco su cooperación y servicio.

(continúa)

Preguntas para analizar

1. Evalúe los incentivos ofrecidos a Southern Recreational Vehicle Company por los líderes de la comunidad de Ridgcrest, Mississippi.
2. ¿Qué problemas podría experimentar una compañía que reubica a sus ejecutivos de un área industrial densamente poblada a un pequeño pueblo rural?
3. Evalúe los motivos citados por O'Brian para la reubicación. ¿Se justifican?
4. ¿Cuáles son las responsabilidades legales y éticas de una empresa con sus empleados, cuando toma la decisión de cesar sus operaciones?

Fuente: Reimpreso con autorización del profesor Jerry Kinard (Western Carolina University).

CASO DE ESTUDIO

Centro de distribución de Ambrose

La familia Ambrose tiene una pequeña cadena regional de tiendas minoristas. Sus productos más conocidos son CD, conciertos en DVD, reproductoras de DVD y accesorios de audio. En la actualidad, la familia usa los servicios de un contratista independiente para surtir sus tiendas utilizando camiones. La familia no está muy satisfecha con los tiempos de entrega y la confiabilidad del contratista. Ellos investigaron el asunto de centros de distribución y tomaron la decisión de rescindir el contrato del distribuidor y establecer un centro de distribución (CD) propio.

La cadena cuenta con 10 tiendas, 5 en Texas y 5 en Oklahoma. Las tiendas se encuentran en 10 ciudades, como se muestra en la tabla, donde también se dan las toneladas anuales de mercancía que requiere cada tienda.

La investigación de la familia indica que existen dos configuraciones de capacidad para los centros de distribución: "pequeño" y "grande". La versión pequeña puede dar servicio a 5 tiendas; la grande puede dar servicio a 10. Los costos fijos anuales para el pequeño son \$2,000,000 cada uno; mientras que los costos fijos por año de un centro grande son \$3,600,000. El contador de la familia maneja los costos variables como un porcentaje del monto de la mercancía movida dentro de una instalación. El año pasado fue 35% del valor de la mercancía. La organización reconoce que el embarque es otro costo importante; debe considerar los costos de transporte de \$2.00 por milla/tonelada. (Mover 10 millas una carga de 40 toneladas es igual a 400 millas/tonelada).

Las localizaciones se muestran en la tabla de la derecha. Cada unidad de distancia equivale a 40 millas.

La familia contrató a Robert Piland, un profesor en Texas, para asesorarla en este proyecto. Pidieron al profesor Piland la respuesta a varias preguntas. ¿La compañía debe construir un solo centro de distribución grande o dos pequeños? ¿Dónde debe localizarse el o los centros de distribución? ¿Cuáles serán los costos anuales totales asociados con cada opción? ¿Qué otros aspectos además del costo deben estudiarse para tomar esta decisión?

Los analistas de la compañía hicieron pronósticos de crecimiento y demanda, y sugieren que en el futuro el tamaño de las 10 tiendas puede

parecerse más, y que cada una necesitará suministros aproximados de 600 toneladas de mercancía al año. Si este pronóstico de demanda es válido, ¿cambiaría de alguna forma la recomendación de Piland (un centro de distribución o dos)?

| CIUDAD | OKLAHOMA | | TONELADAS |
|-----------|----------------------|---------------------|-----------|
| | DISTANCIA ESTE-OESTE | DISTANCIA NORTE-SUR | |
| | X | Y | |
| Ada | 9.7 | 3.5 | 600 |
| Ardmore | 9.0 | 2.4 | 300 |
| Durant | 10.1 | 2.1 | 250 |
| McAlester | 11.0 | 4.0 | 400 |
| Norman | 8.5 | 4.4 | 750 |

| CIUDAD | TEXAS | | TONELADAS |
|---------------|----------------------|---------------------|-----------|
| | DISTANCIA ESTE-OESTE | DISTANCIA NORTE-SUR | |
| | X | Y | |
| Denton | 9.0 | 0.7 | 200 |
| Greenville | 10.7 | 0.5 | 500 |
| París | 11.5 | 1.5 | 300 |
| Sherman | 9.8 | 1.4 | 600 |
| Wichita Falls | 6.9 | 1.9 | 550 |

Pregunta para analizar

Elabore el informe de Robert Piland para la familia Ambrose.

Fuente: Profesor Wayne Shell, Nicholls State University.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Dónde ubicar el siguiente café de Hard Rock

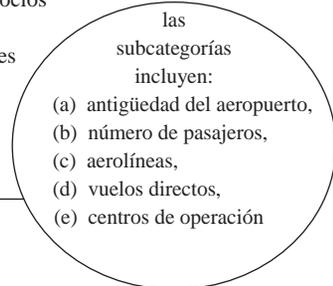
Algunas personas dirían que no hay mejor trabajo en el mundo que el de Oliver Munday, vicepresidente de desarrollo de Hard Rock. Viajar por todo el mundo para escoger el país donde abrirá el siguiente café de Hard Rock, seleccionar una ciudad y encontrar el lugar ideal. Es verdad que la selección de un sitio implica hacer recorridos de incógnito, visitar buenos restaurantes y beber en bares. Pero no es ahí donde comienza ni donde termina el trabajo del señor Munday. Para empezar, la selección de un país y una ciudad supone realizar una amplia investigación. Para termi-

nar, Munday no sólo escoge el sitio final y negocia el trato, sino que trabaja con los arquitectos y especialistas en planeación y permanece en el proyecto para la inauguración y el primer año de ventas.

En la actualidad, Munday pone especial atención a la expansión global en Europa, América Latina y Asia. "Debemos estar pendientes del riesgo político, monetario y de las normas sociales; de la forma en que nuestra marca se ajusta al país" comenta Munday. Una vez seleccionado el país, Munday se enfoca en la región y la ciudad. Su lista de verificación es amplia.

Reporte estándar de mercado en Hard Rock (para sitios en el extranjero)

- A. Demografía (local, ciudad, región, SMSA), con análisis de tendencia
 1. Población del área
 2. Indicadores económicos
- B. Mercado de visitantes, con análisis de tendencia
 1. Visitantes turistas/negocios
 2. Hoteles
 3. Centro de convenciones
 4. Entretenimiento
 5. Deportes
 6. Venta al menudeo
- C. Transporte
 1. Aeropuerto ←
 2. Ferrocarril
 3. Carreteras
 4. Mar/ríos
- D. Restaurantes (una selección en las áreas clave del mercado meta)
- E. Centros nocturnos (una selección de clubes en áreas clave del mercado meta)
- F. Mercado de bienes raíces
- G. Análisis de mercado comparativo de Hard Rock



La localización del sitio tiende a enfocarse en el fuerte resurgimiento de los “centros de la ciudad” donde la vida nocturna se concen-

tra. Eso es lo que Munday seleccionó en Moscú y Bogota, aunque en ambas localizaciones eligió tener un socio local y dar la operación en franquicia. En estos dos ambientes políticos, “Hard Rock ni siquiera soñaría con operar por sí mismo”, afirma Munday. La decisión de localización también significa un compromiso de al menos 10 a 15 años para Hard Rock, para el que se usan herramientas como el análisis de punto de equilibrio de la localización para decidir si compra un terreno y construye o remodela una instalación existente.

Preguntas para analizar*

1. De la lista de verificación de Munday, seleccione otras cuatro categorías como población (A1), hoteles (B2), o clubes nocturnos (E), y proporcione otras subcategorías que deban evaluarse. (Tome el punto C1 (aeropuerto) como guía.)
2. ¿Por qué la selección de un sitio implica más que la evaluación de los mejores restaurantes y clubes nocturnos en una ciudad?
3. ¿Por qué Hard Rock da tanta importancia al análisis de localización?
4. ¿En qué condiciones considera usted que Hard Rock prefiere otorgar la franquicia de un café?

* Tal vez quiera ver este caso en video en su CD-ROM antes de responder estas preguntas.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Caso de estudio en Internet: Visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para ver dos casos de estudio gratuitos adicionales:

- **Consolidated Bottling (A):** Involucra encontrar una localización central para la oficina de un equipo de especialistas en calidad.
- **Southwestern University's Location Decision:** La universidad tiene tres opciones para localizar su estadio de fútbol.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo del libro (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Filene's Basement (# 594-018):** Este vendedor al menudeo trata de decidir dónde agregar dos nuevas tiendas a su operación de Chicago.
- **To Move or Not to Move: Cathy Pacific Airlines (# HKU-003):** ¿Debe esta aerolínea reubicar su centro de datos de Hong Kong en otro país?
- **Wriston Manufacturing (# 698-049):** Un productor de autopartes intenta decidir si debe cerrar una de sus dos plantas en Detroit.
- **Ellis Manufacturing (# 682-103):** Este fabricante de utensilios de cocina tiene duplicidad de recursos en sus plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- Andel, T. “Site Selection Tools Dig Data”. *Transportation & Distribution* 37, núm. 6 (junio de 1996): 77-81.
- Ballou, Ronald H. *Business Logistics Management*, 4a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.
- Bartness, A. D. “The Plant Location Puzzle”. *Harvard Business Review* 72, núm. 2 (marzo-abril de 1994).
- DeForest, M. E. “Thinking of a Plant in Mexico?” *The Academy of Management Executive* 8, núm. 1 (febrero de 1994): 33-40.
- Drezner, Z. *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Secaucus, NJ: Spinger-Verlag, 1995.
- Erkut, Erhan, Tony Myroon y Kevin Strangway. “TransAlta Redesigns Its Service-Delivery Network”. *Interfaces* 30, núm. 2 (marzo-abril de 2000): 54-69.
- Francis, Richard L., Leon F. McGinnis Jr. y John A. White. *Layout and Location: An Analytical Approach*, 3a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.

Grimshaw, David J. Bringing Geographical Information Systems into Business. Nueva York: Wiley, 2000.

Haksever, C., B. Render y R. Russell. Service Management and Operations, 2a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.

Houshyar, A. y B. White. "Comparison of Solution Procedures to the Facility Location Problem". Computers & Industrial Engineering 32, núm. 1 (enero de 1997): 77-87.

Render, B., R. M. Stair y R. Balakrishnan. Managerial Decision Modeling with Spreadsheets. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.

Render, B., R. M. Stair y M. Hanna. Quantitative Analysis for Management, 8a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.



RECURSOS DE INTERNET

Indicadores del Banco Mundial sobre competitividad entre países:

<http://wbln0018.worldbank.org/psd/compete.nsf/>

Servicio de desarrollo económico (servicio de consultoría):

<http://www.sitelocationassistance.com/>

Estrategias de localización

<http://locationstrategies.com>

National Association of Manufacturers:

<http://www.nam.org/>

Site Selection Magazine:

<http://www.conway.com/>

Transparency International publica un índice de percepción de pagadores de sobornos y un índice de percepción de corrupción

<http://www.transparency.org>

Recursos humanos y diseño del trabajo

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LOS RECURSOS HUMANOS DAN VENTAJA COMPETITIVA A SOUTHWEST AIRLINES

ESTRATEGIA DE RECURSOS HUMANOS PARA LA VENTAJA COMPETITIVA

Restricciones sobre la estrategia de recursos humanos

PLANEACIÓN DE LA MANO DE OBRA

Políticas de estabilidad laboral

Horarios de trabajo

Clasificaciones del trabajo y reglas laborales

DISEÑO DEL TRABAJO

Especialización del trabajo

Ampliación del trabajo

Componentes psicológicos en el diseño del trabajo

Equipos autodirigidos

Sistemas de motivación e incentivos

Ergonomía y métodos de trabajo

LUGAR DE TRABAJO VISUAL ESTÁNDARES DE MANO DE OBRA

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: KARSTADT CONTRA J.C. PENNEY;
LA FLOTA A LA DERIVA

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: ESTRATEGIA DE RECURSOS
HUMANOS DE HARD ROCK

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Diseño del trabajo

Especialización del trabajo

Ampliación del trabajo

Herramientas para el análisis de métodos

Ergonomía

Estándares de mano de obra

Andon

EXPLICAR O DESCRIBIR:

Requerimientos para un buen diseño del trabajo

Lugar de trabajo con ayudas visuales

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

Los recursos humanos dan ventaja competitiva a Southwest Airlines

Desde sus inicios como aerolínea tejana cuando operaba solamente entre San Antonio, Dallas y Houston, en Texas, Southwest Airlines ha desafiado y vencido a los gigantes. Durante 30 años consecutivos ha sido rentable, a pesar de que la pequeña aerolínea compitió con los grandes ya establecidos y se enfrentó a muchos juicios legales. Sí, ha sido rentable mientras otras aerolíneas llegaron y se fueron. Ha sido rentable en los años en que United, Northwest y USAir perdieron miles de millones de dólares.

¿Cuál es la estrategia decisiva para esta aerolínea con ventaja de bajo costo? La

respuesta es recursos humanos. Herb Kelleher, el inconforme director general y antes director ejecutivo de Southwest dice: "he tratado de crear una cultura de que las personas importan, no sólo en el trabajo, sino en su vida completa. No hay una fórmula mágica. Es como construir un mosaico gigante, formado por miles de piezas pequeñas. Los intangibles son más importantes que los tangibles. Cualquiera compra aviones y mostradores de boletos, lo que no pueden comprar es nuestra cultura, nuestro *sentido de solidaridad*".

Southwest gasta más que cualquier otra aerolínea en reclutamiento y capacitación.

También, los empleados ganan más que el promedio en la industria y muchos reciben acciones de la empresa. Aun cuando el costo de estas políticas llega a ser alto, Southwest considera que son efectivas en el largo plazo. Sin embargo, ésta es sólo parte de la estrategia de recursos humanos de Southwest. La presidenta, Colleen C. Barrett, ha recalcado siempre que en la compañía los empleados deben ser tratados como clientes y que deben hacer lo que es correcto para el cliente. Sin duda, antes de que "la delegación de autoridad" se convirtiera en un hábito de administración, Southwest ya la aplicaba.



Herb Kelleher, director general de Southwest Airlines, trabaja duro para mantener la cultura de Southwest. En La fotografía, Herb ofrece cacahuates a los pasajeros durante un vuelo.

SOUTHWEST AIRLINES



Una innovadora estrategia de operaciones ha permitido que Southwest Airlines crezca, en 30 años, de una aerolínea con servicio sólo en Texas en la década los 70, a la cuarta aerolínea más grande en Estados Unidos. Southwest continuamente califica entre las mejores aerolíneas tanto en encuestas de viajes como en mediciones de las compañías más reconocidas, y presenta el índice más bajo de reclamaciones hechas ante el Departamento de Transportes de Estados Unidos.

Congruente con sus políticas, Southwest da libertad a los empleados y les enseña a "cuidar". La idea es que si el empleado experimenta un magnífico servicio, sabrá hacer lo correcto.

Por ejemplo, para mantener una alta utilización de su flota y grandes utilidades sobre sus activos, Southwest hace que sus aviones entren y salgan de los aeropuertos en casi la mitad del tiempo promedio en la industria: 20 minutos contra 45. En consecuencia, gente de todas las industrias llega a Southwest para observar cómo lo hace. Pero, como señala Keller: "ellos llegan buscando artilugios o equipo especial. Sólo se trata de un grupo de personas que dan lo mejor de sí mismos. Debe reconocerse que las personas siguen siendo lo más importante. Como se trate a los empleados determina la manera en que

ellos tratan a los clientes. Nuestros empleados van constantemente por toda la compañía haciendo el trabajo de otros, pero no buscamos la utilización cruzada, sino que todos comprendan los problemas de los demás".

Fuentes: The Wall Street Journal (31 de agosto de 1999): B1; y Harvard Business Review (junio de 2001): 28-30.

Las personas inhibidas que desean trabajar en Southwest Airlines deben pensarlo dos veces. En la fotografía, Herb Kelleher, descalzo, se aferra a la cola de uno de los jets de Southwest Airlines. A Southwest le agrada contratar a personas con entusiasmo y sentido del humor.



DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

Diseño de bienes y servicios

Administración de la calidad

Estrategia de proceso

Estrategias de localización

Estrategias de distribución física

Recursos humanos

Administración de la cadena de suministro

Administración de inventarios

Programación

Mantenimiento

El objetivo de una estrategia de recursos humanos es administrar la mano de obra y diseñar el trabajo con el propósito de utilizar al personal de manera eficiente.

Southwest Airlines es un ejemplo de la diversidad de culturas laborales que existen en el mundo. ¿Cómo se cimientan estas culturas y cuáles son los temas de recursos humanos que interesan al administrador de operaciones? Los aspectos de recursos humanos que examinaremos en este capítulo son diversos, porque las organizaciones no funcionan sin las personas. Más aún, no funcionan bien sin gente competente y motivada. En la estrategia de recursos humanos el administrador de operaciones determina los talentos y las habilidades disponibles para las operaciones.

Como lo han demostrado muchas organizaciones, de Hard Rock Cafe y Lincoln Electric a Southwest Airlines, una ventaja competitiva puede construirse mediante la estrategia de recursos humanos. Las buenas estrategias de recursos humanos son costosas, es difícil lograrlas y complicado mantenerlas. Sin embargo, su retribución potencial es considerable ¡porque no es fácil copiarlas! Entonces, una ventaja competitiva en esta área es particularmente útil. Por estas razones, a continuación estudiamos las opciones de recursos humanos que tiene el administrador de operaciones.

ESTRATEGIA DE RECURSOS HUMANOS PARA LA VENTAJA COMPETITIVA

El *objetivo de la estrategia de recursos humanos* es administrar las tareas y diseñar los trabajos con el propósito de emplear a las personas de manera *eficiente*. Cuando planteamos una estrategia de recursos humanos, nos proponemos asegurar que las personas:

1. Se utilicen de forma eficiente dentro de las limitaciones que imponen otras decisiones de la administración de operaciones.
2. Tengan una calidad de vida razonable en el trabajo en una atmósfera de compromiso y confianza mutuos.

Por *calidad de vida en el trabajo* razonable entendemos un empleo que no sólo es razonablemente seguro y que tiene un pago equitativo, sino también satisface un nivel apropiado de los requerimientos físicos y psicológicos. El *compromiso mutuo* se refiere a que ambos, administración y empleado, se esfuerzan por cumplir objetivos comunes. La *confianza mutua* se refleja en políticas laborales razonables y documentadas que se implantan con honestidad y justicia, para la satisfacción de la administración y el empleado.¹ Cuando el respeto de la administración por sus empleados y sus contribuciones a la empresa es genuino, no es tan difícil establecer una razonable calidad de vida en el trabajo y confianza mutua.

Este capítulo se dedica a mostrar a los administradores de operaciones cómo lograr una estrategia de recursos humanos efectiva que aporte una ventaja competitiva, como se sugiere en el perfil de Southwest Airlines que abre el capítulo.

Restricciones sobre la estrategia de recursos humanos

Muchas decisiones tomadas acerca de las personas están limitadas por otras decisiones, como lo sugiere la figura 8.1. Primero, la mezcla de productos puede determinar la estacionalidad y la estabilidad del empleo. Segundo, la tecnología, el equipo y los procesos llegan a tener implicaciones en la seguridad y el contenido del trabajo. Tercero, la decisión sobre la localización puede afectar el entorno en el que laboran los empleados. Por último, las decisiones de distribución, como línea de ensamble contra célula de trabajo, influyen en el contenido del trabajo.

Las decisiones de tecnología imponen restricciones sustanciales. Por ejemplo, algunas tareas en las fundidoras de acero son ruidosas, sucias y peligrosas; los empleos en los rastros son estresantes y, en ocasiones, provocan malestar estomacal a los empleados; las tareas en las líneas de ensamble suelen ser aburridas y enajenantes; y una inversión de capital alta, como la necesaria para fabricar chips para semiconductores, puede exigir 24 horas de operación continua los 7 días de la semana y ropa especial.

Sería imposible modificar estos trabajos sin hacer cambios en otras decisiones estratégicas. En consecuencia, no es sencillo realizar los trueques necesarios para lograr una calidad de vida tolerable en el trabajo. El administrador efectivo considera tales decisiones en forma simultánea. El resultado es un sistema efectivo y eficiente que mejora el desempeño individual y de equipo a través de un diseño del trabajo óptimo.

Después de reconocer las restricciones impuestas sobre la estrategia de recursos humanos, estudiaremos tres áreas de decisión distintas de esta estrategia: planeación del trabajo, diseño del trabajo y estándares de mano de obra. En el suplemento de este capítulo se continúa el análisis de los estándares de mano de obra y se introduce la medición del trabajo.

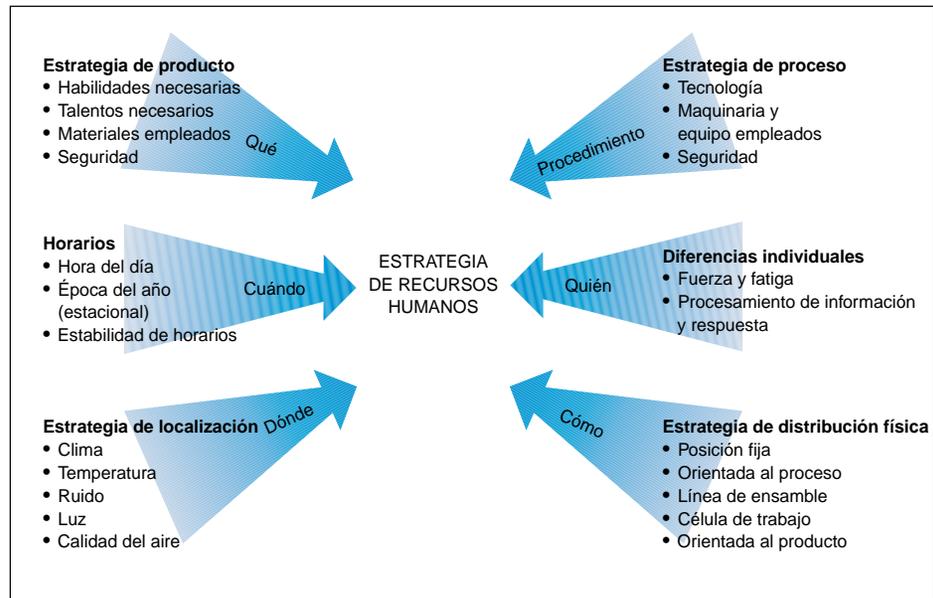
“Es posible lograr una ventaja competitiva sostenida a través de la forma en que se administra a las personas”.

Prof. Jeffrey Pfeffer
Stanford University

¹Cada vez es más frecuente encontrar compañías que llaman a sus empleados *asociados*, *contribuyentes individuales* o miembros de un equipo particular.

FIGURA 8.1 ■**Restricciones sobre la estrategia de recursos humanos**

El administrador de operaciones efectivo entiende cómo se combinan las decisiones para restringir la estrategia de recursos humanos.



PLANEACIÓN DE LA MANO DE OBRA

Planeación de la mano de obra

Medio para determinar las políticas de personal que se refieren a estabilidad laboral y horarios de trabajo.

La **planeación de la mano de obra** determina las políticas de personal que se refieren a 1. estabilidad laboral, y 2. horario de trabajo.

Políticas de estabilidad laboral

La estabilidad en el trabajo se relaciona con el número de empleados que la organización mantiene en cualquier momento. Existen dos políticas básicas para manejar la estabilidad:

1. *Seguir la demanda con exactitud.* Al seguir la demanda con exactitud los costos directos de mano de obra se mantienen ligados a la producción, pero se incurre en otros costos. Estos costos incluyen a) costos de contratación y despido, b) seguro de desempleo y c) salarios altos para motivar al personal a aceptar un empleo inestable. En esta política la mano de obra se considera costo variable.
2. *Mantener constante el nivel de empleo.* La estabilidad en el nivel de empleo permite retener la fuerza de trabajo capacitada y conservar al mínimo los costos de contratación, despido y desempleo. Sin embargo, cuando el empleo se mantiene constante también es posible que la utilización de los empleados no sea total cuando baja la demanda, y que la empresa no cuente con los recursos humanos suficientes cuando la demanda sube. Esta política tiende a considerar la mano de obra como costo fijo.

La empresa que mantiene estable su fuerza de trabajo tiene más posibilidades de que sus empleados acepten salarios menores que la empresa que sigue la demanda. Estos ahorros significarían una ventaja competitiva. Sin embargo, las empresas con trabajo estacional alto y poco control sobre la demanda quizá funcionen mejor con una fuerza de trabajo fluctuante. Por ejemplo, una enlatadora de salmón en el Río Columbia sólo procesa el pescado durante las temporadas de migración del salmón. No obstante, la empresa puede encontrar demandas laborales complementarias en otros productos u operaciones, como la fabricación de latas y etiquetas o la reparación y mantenimiento de sus instalaciones.

Las políticas mencionadas son sólo dos de aquellas que son eficientes y proporcionan una calidad de vida en el trabajo razonable. Toda empresa debe establecer sus políticas sobre estabilidad laboral, que en parte están determinadas por la forma en que la administración considera los costos de mano de obra: como costo variable o costo fijo.

Horario estándar de trabajo

En Estados Unidos, jornada de 8 horas durante 5 días de la semana.

Horario flexible

Sistema que permite que los empleados determinen, dentro de ciertos límites, sus propios horarios de trabajo.

Horarios de trabajo

Aun cuando en Estados Unidos el **horario estándar de trabajo** sigue siendo de ocho horas durante cinco días a la semana, existen algunas variaciones. Una variación actualmente popular es el llamado horario de trabajo flexible. El **horario flexible** permite que los empleados determinen, con ciertos límites, sus propios horarios. Una política de horario flexible permitiría al empleado (con la notificación adecuada) entrar a trabajar a las 8 A.M. con una tolerancia de dos horas más tarde o más temprano. Con esta política el empleado tiene más autonomía e independencia. Algunas empresas encuentran en el horario flexible una prestación adicional de bajo costo que mejora la satisfacción laboral. Desde la perspectiva de AO el proble-

ma radica en que gran parte de la producción requiere un equipo de trabajo completo para que la operación sea eficiente. Una máquina que requiere tres personas no operaría si sólo dos están presentes. Tampoco servirá de mucho la mesera que llega a la 1:30 P.M. cuando el almuerzo se sirve a las 11:30 A.M.

De forma similar, algunas industrias consideran que sus estrategias de proceso limitan en forma considerable sus opciones para programar los recursos humanos. Por ejemplo, las fábricas de papel, las refinerías de petróleo y las subestaciones eléctricas, necesitan que su personal esté completo las 24 horas del día, excepto durante los cortes para mantenimiento y reparación.

Otra opción es la **semana de trabajo flexible**. Este plan a menudo implica trabajar menos días de más horas, por ejemplo, 4 días de 10 horas de trabajo o, como en el caso de las subestaciones eléctricas, turnos de 12 horas. Los turnos de 12 horas casi siempre significan trabajar tres días una semana y cuatro la siguiente. A este tipo de turnos también se les llama *semanas de trabajo comprimidas*. Estos horarios son viables para muchas funciones de operación, siempre y cuando se ajusten a los horarios de proveedores y clientes. Para las empresas con tiempos prolongados en la preparación de procesos (como esperar que la caldera llegue a la temperatura de operación) la opción de días de trabajo más largos resulta particularmente atractiva. La semana de trabajo comprimida se acostumbra en las estaciones de bomberos y en los departamentos de servicios públicos, donde las tareas físicas son mínimas pero la cobertura de 24 horas es deseable. Una encuesta reciente de Gallup señala que dos terceras partes de los trabajadores adultos preferirían 4 días de 10 horas en lugar del horario estándar de 5 días. Duke Power Co., el condado de Los Angeles, AT&T y General Motors son algunas de las organizaciones que ofrecen la semana laboral de 4 días.

Otra opción consiste en jornadas de trabajo más cortas en lugar de más largas. Con frecuencia, este plan hace que los empleados pasen a ser de **tiempo parcial**. Esta opción resulta atractiva para las industrias de servicios, que requieren más personal cuando aumenta la carga de trabajo. Los bancos y restaurantes suelen contratar empleados de tiempo parcial. Asimismo, muchas empresas bajan sus costos de mano de obra al reducir las prestaciones para los empleados de tiempo parcial.

Clasificaciones del trabajo y reglas laborales

Muchas organizaciones aplican clasificaciones del trabajo y reglas laborales estrictas que especifican quién puede hacer qué, cuándo y en qué condiciones, a menudo en respuesta a la presión sindical. Estas clasificaciones y reglas del trabajo limitan la flexibilidad de los empleados en el trabajo y, por tanto, reducen la flexibilidad de la función de operaciones. No obstante, parte de la tarea del administrador de operaciones es manejar los imprevistos. En consecuencia, cuanto más flexible sea la empresa en seleccionar al personal y establecer los horarios de trabajo, más eficiente y expedita *podrá* ser. Esto es más válido en las organizaciones de servicios, donde la capacidad adicional suele residir en contar con personal adicional o flexible. Crear un estado de ánimo alto y cumplir los requerimientos de personal para una operación eficiente y sensible es más fácil cuando la administración tiene menos clasificaciones del trabajo e impone menos reglas laborales restrictivas. Si la estrategia es lograr una ventaja competitiva mediante una respuesta rápida al cliente, una fuerza de trabajo flexible llega a convertirse en un requisito.²

DISEÑO DEL TRABAJO

Diseño del trabajo

Enfoque que especifica las labores que constituyen un trabajo para un individuo o grupo.

El **diseño del trabajo** especifica las tareas que constituyen un trabajo para un individuo o grupo de individuos. Nosotros examinamos siete componentes del diseño del trabajo: **1.** especialización del trabajo; **2.** ampliación del trabajo; **3.** componentes psicológicos; **4.** equipos autodirigidos; **5.** sistemas de motivación e incentivos; **6.** ergonomía y métodos de trabajo, y **7.** lugar de trabajo con ayudas visuales.

Especialización del trabajo

La importancia del diseño del trabajo, como variable de la administración, se atribuye a Adam Smith, economista del siglo XVIII.³ Smith sugirió que la división del trabajo, también conocida como **especialización del trabajo** (o **mano de obra especializada**), ayudaría a reducir los costos de mano de obra de los artesanos con múltiples habilidades. Existen varias maneras de lograrlo:

1. *Desarrollo de destrezas* y aprendizaje más rápido de los empleados debido a la repetición.
2. *Menos pérdida de tiempo* porque el empleado no cambia de tarea o de herramientas.
3. *Desarrollo de herramientas especializadas* y disminución de la inversión porque cada empleado sólo tiene las herramientas necesarias para realizar una tarea específica.

En el siglo XIX, el matemático inglés Charles Babbage estableció una cuarta consideración también importante para la eficiencia de la mano de obra.⁴ Debido a que el salario tiende a estar de acuerdo con las

²David M. Upton, "What Really Makes a Factory Flexible?", *Harvard Business Review* (julio-agosto de 1995): 74-84.

³Adam Smith, *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones* (Londres, 1776).

⁴Charles Babbage, *On the Economy of Machinery and Manufacturers* (Londres: C. Knight, 1832), capítulo 18.

Semana de trabajo flexible

Horario de trabajo que se desvía del estándar de 8 horas durante cinco días a la semana (por ejemplo, cuatro días de 10 horas).

Tiempo parcial

Cuando el empleado trabaja menos tiempo del que impone la semana laboral normal; menos de 32 horas a la semana suele clasificarse como "tiempo parcial".

Especialización del trabajo (o mano de obra especializada)

División del trabajo en tareas únicas ("especiales").

habilidades, Babbage sugirió que *se pagara exactamente el salario necesario para la habilidad particular requerida*. Si la tarea completa consiste en una sola habilidad, entonces sólo se debe pagar esa habilidad. De otra forma, nos inclinaríamos a pagar la habilidad más desarrollada con la que contribuye el empleado. Las cuatro ventajas de la especialización del trabajo mencionadas, siguen siendo válidas en nuestros días.

La línea de ensamble es un ejemplo clásico de especialización del trabajo. Este sistema suele ser muy eficiente, aunque imponga a los empleados tareas repetitivas y aburridas. Cabe señalar que la tasa salarial para muchos de estos trabajos es muy buena. Como la tasa salarial es alta en relación con las modestas habilidades que requieren muchos de estos trabajos, el número de candidatos entre quienes se hace la selección suele ser grande. Ésta no es una consideración menor para el administrador encargado de asignar personal a la función de operaciones. Se estima que entre 2 y 3% de la fuerza laboral en las naciones industrializadas desempeña trabajos repetitivos de alta especialidad en líneas de ensamble. La forma tradicional de desarrollar y mantener el compromiso del trabajador cuando se requiere especialización laboral consiste en una buena selección (hacer que la persona y la tarea sean acordes), buenos salarios y sistemas de incentivos.

Desde el punto de vista de la administración, el hecho de que el trabajo especializado no capte el desempeño total de la persona es una limitación importante. La especialización del trabajo tiende a aprovechar sólo las habilidades manuales del trabajador. En una sociedad que se basa cada vez más en el conocimiento, el administrador preferiría que la mente del trabajador también estuviera en el trabajo.

Ampliación del trabajo

Durante los últimos años se ha buscado mejorar la calidad de vida en el trabajo pasando de la especialización laboral a un diseño de trabajo más variado. Este esfuerzo se sustenta en la teoría de que la variedad “mejora” el trabajo y, por lo tanto, que el empleado disfruta una mejor calidad de vida en el trabajo. De hecho esta flexibilidad beneficia a los empleados y a la organización.

Existen varias maneras de modificar los trabajos. El primer enfoque es la **ampliación del trabajo**, que ocurre cuando se agregan tareas que requieren una destreza similar al trabajo existente. La **rotación del trabajo** es una versión de la ampliación del trabajo que sucede cuando se permite al empleado pasar de un trabajo especializado a otro. Ambos enfoques añaden variedad a la perspectiva del empleado sobre el trabajo. Otro enfoque es el **enriquecimiento del trabajo** que agrega al trabajo actividades de planeación y control. Un ejemplo sería que una tienda departamental hiciera que sus vendedores se responsabilizaran de tomar los pedidos y vender los bienes. El enriquecimiento del trabajo se observa como una *expansión vertical*, contraria a la ampliación del trabajo, cuyo sentido es *horizontal*. Estas ideas se muestran en la figura 8.2.

La **delegación de autoridad en el empleado**, una extensión común del enriquecimiento del trabajo, es la práctica de enriquecer las tareas con la finalidad de que los empleados acepten responsabilizarse de diversas decisiones, que en general se asocian con personal especializado. La delegación de autoridad ayuda a que el empleado se “sienta dueño” de su trabajo para que desarrolle un interés personal en mejorar su desempeño. (Véase *AO en acción*, “delegación de autoridad en el Ritz-Carlton”).

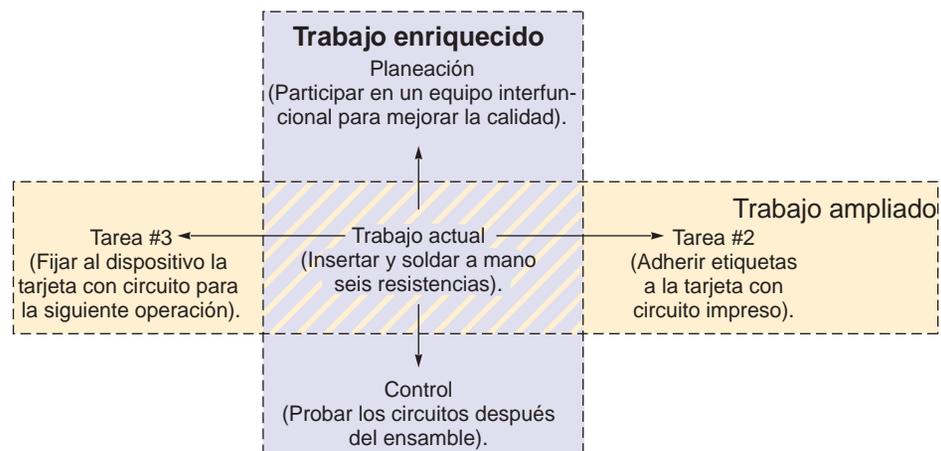


FIGURA 8.2 ■ Un ejemplo de ampliación del trabajo (expansión *horizontal* del trabajo) y de enriquecimiento del trabajo (expansión *vertical* del trabajo)

El trabajo se amplía en forma horizontal rotando el trabajo a las tareas 2 y 3 o integrando estas tareas al trabajo actual. El trabajo se enriquece en sentido vertical agregando otro tipo de tareas al trabajo, como participar en un equipo de calidad (planeación) o tareas de prueba (control).

Ampliación del trabajo

Agrupación de diversas tareas que requieren casi el mismo nivel de habilidad; ampliación horizontal.

Rotación del trabajo

Sistema en el que los empleados se mueven de una tarea especializada a otra.

Enriquecimiento del trabajo

Método para dar al empleado más responsabilidad que incluye parte de la planeación y control necesarios para el logro de la tarea.

Delegación de autoridad en el empleado

Ampliación de las tareas del empleado de tal forma que la responsabilidad y la autoridad agregadas se muevan en el nivel más bajo posible en la organización.

AO EN ACCIÓN

Delegación de autoridad en el Ritz-Carlton

El recién retirado presidente de la cadena de hoteles Ritz-Carlton acostumbraba presentarse a los empleados diciendo: "mi nombre es Horst Schulze. Soy presidente de la compañía y soy muy importante. (Pausa) Pero usted también lo es. Sin duda, tan importante como yo". Quizá esta actitud sea la causa de que la tasa de rotación en el Ritz sea inferior a la mitad del promedio en la industria y, quizá, el motivo por el que recientemente se otorgó al Ritz el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige.

Durante casi 20 años, Schulze manejó el hotel con su filosofía de servicio al cliente, que se concreta en su Estándar de Oro, el cual se resume en una tarjeta que cabe en una cartera y que se espera que los empleados lleven consigo todo el tiempo. Con el repaso diario de uno de los 20 principios del Estándar de Oro, los empleados reciben orientación, capacitación y, sin duda, adoctrinamiento. El Ritz ha delegado autoridad en sus empleados para que cuiden a los huéspedes a través de valores como: "cuidado y comodidad genuinos", "nuestro trabajo es hacer que los huéspedes se sientan bien para que regresen" y "damas y caballeros atendiendo a damas y caballeros".

A propósito de delegación de autoridad, los encargados de la recepción y los gerentes de ventas del Ritz están autorizados a gastar hasta 2,000 y 5,000 dólares de la compañía, respectivamente, para asegurar que los clientes se vayan satisfechos. Por ejemplo, en una ocasión en que el Ritz de Nueva York estaba saturado, 20 huéspedes fueron enviados a otro hotel en tres limusinas, con champaña y caviar. Costó 5,000 dólares. "La idea era complacer a los huéspedes", comenta el administrador del Ritz.

La delegación de autoridad también incluye tomar con seriedad las sugerencias de todos los empleados. Cuando una mesera de servicio al cuarto propuso que la compañía gastara 50,000 dólares en un plan de reciclaje, Schulze respiró profundamente y después aceptó. La idea tuvo su compensación: disminuyó la basura que se recolecta cada semana y ahora el hotel vende sus productos de papel en lugar de pagar para que otros se la lleven. Estos cambios han ahorrado 80 mil dólares al año y ejemplifican la confianza del hotel en las sugerencias de sus empleados para mejorar la calidad.

Fuentes: *Harvard Business Review* (junio de 2002): 50-62; y *Wall Street Journal* (30 de agosto de 1999) B1.

Componentes psicológicos en el diseño del trabajo

Una estrategia de recursos humanos eficaz también debe considerar los componentes psicológicos en el diseño del trabajo. Estos componentes se enfocan en cómo diseñar trabajos que cumplan ciertos requerimientos psicológicos mínimos.

"Contratamos trabajadores, y en su lugar llegaron seres humanos".

Max Frisch

Estudios Hawthorne Los estudios Hawthorne introdujeron la psicología al lugar de trabajo. Se realizaron a fines de la década de 1920 en la planta de Western Electric en Hawthorne, cerca de Chicago. Los hallazgos publicados en 1939,⁵ demostraron de manera concluyente la existencia de un sistema social dinámico en el lugar de trabajo. Resulta irónico que los estudios, cuyo propósito inicial era determinar el impacto de la iluminación en la productividad, hayan permitido descubrir que el sistema social y los distintos papeles que desempeñaban los empleados eran más importantes que la intensidad de la iluminación. Asimismo, se encontró que las diferencias individuales pueden ser dominantes en lo que el empleado espera del trabajo y en lo que el empleado piensa que debe ser su contribución al trabajo.

Características centrales del trabajo En las ocho décadas transcurridas desde los estudios de Hawthorne, se han realizado valiosas investigaciones respecto a los componentes psicológicos en el diseño del trabajo.⁶ Hackman y Oldham recopilaron gran parte de ese trabajo en cinco características deseables del diseño del trabajo.⁷ Su resumen sugiere que los trabajos deben comprender las siguientes características:

1. *Variación de habilidades* que requieran que el trabajador use varias habilidades y talentos.
2. *Identidad del trabajo* para permitir que el trabajador perciba el trabajo como un todo y reconozca un principio y un final.
3. *Significado del trabajo* que proporcione al trabajador un sentido de que el trabajo tiene un impacto en la organización y la sociedad.
4. *Autonomía* que ofrezca libertad, independencia y discreción.
5. *Retroalimentación* para proporcionar información clara y oportuna sobre el desempeño.

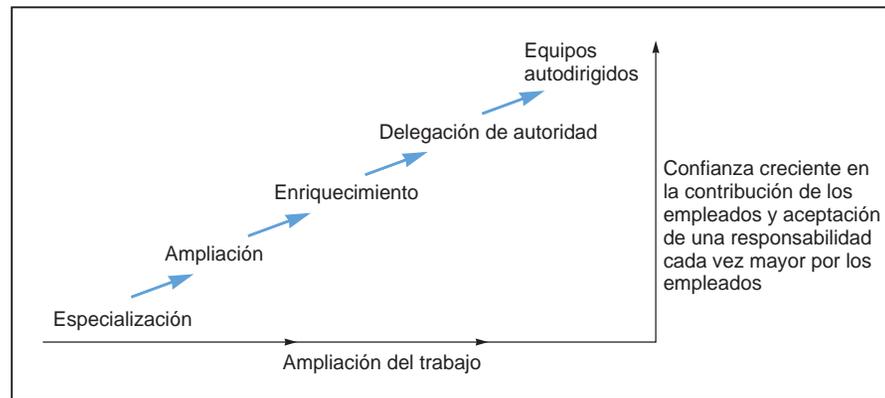
⁵F. J. Roethlisberger y William J. Dickinson, *Management and the Workers* (Nueva York: John Wiley, 1964, copyright 1939, por President and Fellows de Harvard College).

⁶Vea, por ejemplo, el trabajo de Abraham H. Maslow, "A Theory of Human Motivation", *Psychological Review* 50 (1943): 370-396; y Frederick Herzberg, B. Mausner y B. B. Snyderman, *The Motivation to Work* (Nueva York: John Wiley, 1965).

⁷Véase "Motivation Through the Design of Work", en *Work Redesign*, eds. Jay Richard Hackman y Greg R. Oldham (Reading, MA: Addison-Wesley, 1980).

FIGURA 8.3 ■**Continuo del diseño del trabajo**

La delegación de autoridad en el empleado adquiere muchas formas: planeación, programación, calidad, compras e incluso autoridad para contratar.



La inclusión de estos cinco ingredientes en el diseño del trabajo es congruente en la ampliación del trabajo, el enriquecimiento del trabajo y la delegación de autoridad en el empleado. A continuación presentamos algunas formas de aprovechar los equipos para ampliar los trabajos y lograr estas cinco características del trabajo.

Equipos autodirigidos

Muchas organizaciones de clase mundial han adoptado los equipos para fomentar la confianza y el compromiso mutuos, y proporcionar las características centrales del trabajo. Uno de los conceptos de equipo que merece destacarse es el **equipo autodirigido**, es decir, un grupo de individuos en quienes se ha delegado autoridad y que trabajan juntos para lograr una meta común. Los equipos se organizan para alcanzar objetivos a largo o corto plazos. Los equipos son efectivos principalmente porque es fácil que deleguen autoridad en los empleados, aseguren las características centrales del trabajo y satisfagan muchas de las necesidades psicológicas de los miembros individuales del equipo.⁸ La figura 8.3 muestra un continuo del diseño del trabajo.

Por supuesto, muchos buenos diseños del trabajo *pueden* satisfacer estas necesidades psicológicas. Por lo tanto, para maximizar la efectividad del equipo los administradores deben hacer mucho más que formar los “equipos”. Por ejemplo, **1.** se aseguran de que pertenezcan al equipo quienes tienen una contribución legítima; **2.** dan el apoyo de la administración; **3.** aseguran la capacitación necesaria, y **4.** aclaran los objetivos y metas. Los equipos exitosos deben recibir también remuneraciones tanto financieras como no financieras. Por último, es necesario que los administradores reconozcan que los equipos implican un ciclo de vida y que el logro del objetivo tal vez sugiera la desintegración del equipo. Sin embargo, los equipos pueden renovarse con el cambio de un miembro o con nuevas asignaciones.

Los equipos y otros enfoques de la ampliación del trabajo no sólo deben mejorar la calidad de vida del trabajo y la satisfacción con el trabajo, sino también motivar a los empleados para que logren los objetivos estratégicos. Tanto los administradores *como* los empleados deben comprometerse con el logro de objetivos estratégicos. Sin embargo, la contribución del empleado se promueve de varias maneras, que incluyen el clima organizacional, las acciones de supervisión y el diseño del trabajo.

El diseño del trabajo ampliado permite que los empleados acepten más responsabilidades. Entre los empleados que aceptan esta responsabilidad, se esperaría cierta mejora en la productividad y la calidad del producto. Entre otros aspectos positivos de la ampliación del trabajo se encuentra la disminución de la rotación de personal, los retardos y el ausentismo. Los administradores que amplían los trabajos y construyen sistemas de comunicación que responden a las sugerencias de los empleados, agregan potencial para la eficiencia y la flexibilidad. No obstante, estos diseños del trabajo también tienen algunas limitaciones.

Limitaciones de la ampliación del trabajo Si los diseños que amplían y enriquecen el trabajo, que delegan autoridad y usan equipos son buenos, ¿por qué su uso no es universal? Identifiquemos algunas limitaciones en los diseños de la ampliación del trabajo:

- 1. Mayor costo de capital.** La ampliación del trabajo quizá requiera instalaciones más costosas que las de distribución convencional. Este gasto adicional debe generarse mediante el ahorro (mayor eficiencia) o precios más altos.
- 2. Diferencias individuales.** Algunos estudios indican que muchos empleados optan por trabajos menos complicados. Al estudiar cómo mejorar la calidad de vida en el trabajo, no podemos olvidar la importancia de las diferencias individuales. Las diferencias entre los individuos dan un margen de maniobra a los administradores de operaciones hábiles cuando diseñan los trabajos.
- 3. Índices salariales más altos.** El salario que reciben las personas suele relacionarse con sus habilidades más desarrolladas y no con las más limitadas. Entonces, los trabajos ampliados requerirán salarios más altos que los trabajos no ampliados.

⁸Per H. Engelstad, “Sociotechnical Approach to Problems of Process Control”, en *Design of Jobs*, eds. Louis E. Davis y James C. Taylor (Santa Mónica: Goodyear Publishing, 1979): 184-205.

Equipo autodirigido

Grupo de individuos en quienes se ha delegado autoridad, que trabaja unido para alcanzar una meta común.

Algo peor que capacitar a un empleado y hacerlo que vaya a trabajar a otro lado, ¡es no capacitarlo y hacerlo que se quede!

TABLA 8.1 ■

Promedio anual de horas de capacitación por empleado

| | |
|--------|------------|
| E.U.A. | 7 horas. |
| Suecia | 170 horas. |
| Japón | 200 horas. |

Fuente: Boletín de APICS.

4. *Equipo de trabajo más pequeño.* Debido a que los trabajos ampliados requieren más habilidades y la aceptación de más responsabilidad, los requerimientos del trabajo se incrementan. Dependiendo de la disponibilidad de mano de obra, ésta puede ser una restricción.
5. *Aumento en las tasas de accidentes.* Los trabajos ampliados suelen contribuir a una tasa de accidentes mayor. Esto incrementa en forma indirecta salarios, costos de seguros y remuneraciones al trabajador. La alternativa sería ampliar los presupuestos de capacitación y seguridad.
6. *La tecnología existente puede no prestarse para la ampliación del trabajo.* Los trabajos de desensamble en un rastro y los trabajos de ensamble en las plantas de automóviles son así porque se piensa que tecnologías alternativas (si las hay) no son aceptables.

Estos seis puntos imponen restricciones a la ampliación del trabajo.

En resumen, la ampliación del trabajo con frecuencia aumenta los costos. En consecuencia, para que la empresa tenga una ventaja competitiva, sus ahorros deben superar sus costos. Pero no siempre ocurre así. Tal vez la decisión estratégica no sea sencilla.

A pesar de las limitaciones de la ampliación del trabajo, las empresas están encontrando la manera de que funcione. Como se indica en la tabla 8.1, con frecuencia las limitaciones más importantes no son las mencionadas, sino los presupuestos para capacitación y la cultura de la organización. Los presupuestos para capacitación deben aumentar en Estados Unidos, y los supervisores deben delegar una parte del control y aprender a aceptar otras responsabilidades de trabajo. Los equipos autodirigidos motivarían la ausencia de supervisores en la planta. Eliminar los supervisores de la planta, como lo ha hecho Harris-Farion, líder mundial en equipo de microondas, a menudo significa un cambio importante en la cultura. Sin embargo, Harris-Farion está estableciendo nuevos estándares de desempeño justo con este tipo de cambio cultural.

Las organizaciones de servicio también han obtenido ventajas sustanciales a partir de estrategias de recursos humanos exitosas. Entre las historias de este éxito se encuentran empresas como Hard Rock Cafe, Southwest Airlines, Ritz-Carlton, Nordstrom, Taco Bell y Disney. Todas ellas han reconocido que crear valor para clientes y accionistas comienza con la creación de valor para los empleados.⁹ Hard Rock llega, incluso, a dar un Rolex de oro de 10,000 dólares a cada empleado que cumple su décimo aniversario en la organización, desde el presidente hasta los operarios de los camiones.

Bono

Recompensa monetaria, casi siempre en efectivo o en acciones, dada a la administración.

Reparto de utilidades

Sistema que proporciona cierta porción de cualquier utilidad para que se distribuya entre los empleados.

Ganancias compartidas

Sistema de recompensas a los empleados por las mejoras organizacionales.

Sistema de incentivos

Sistema de premios para los empleados con base en la productividad individual o de grupo.

Sistemas de motivación e incentivos

Nuestro análisis sobre los componentes psicológicos en el diseño del trabajo da un panorama de los factores que contribuyen a la satisfacción y motivación en el trabajo. Además de estos factores psicológicos también existen factores monetarios. El dinero suele servir para motivar tanto psicológica como financieramente. Las recompensas financieras incluyen bonos, reparto de utilidades, ganancias compartidas y sistemas de incentivos.

Los **bonos**, usualmente en efectivo o en acciones, suelen usarse a nivel ejecutivo para recompensar a la administración. Los sistemas de **reparto de utilidades** destinan una parte de las utilidades para distribuirla entre los empleados. Una variación del reparto de utilidades es el plan de **ganancias compartidas**, mediante el cual se premia a los empleados por las mejoras logradas en el desempeño de la organización. El más popular de ellos es el plan Scanlon, donde cualquier reducción en el costo de mano de obra se comparte entre administradores y empleados.¹⁰

El enfoque de ganancias compartidas de Panhandle Eastern Corp. en Houston, Texas, hace posible que los empleados reciban un bono de 2% de su salario al finalizar el año, si la compañía gana cuando menos \$2.00 por acción. Si Panhandle gana \$2.10 por acción, el bono aumenta a 3%. A partir de que el plan se puso en marcha, los empleados han puesto más atención en los costos.

Los **sistemas de incentivos** basados en la productividad individual o de grupo se emplean en todo el mundo en una amplia variedad de aplicaciones, incluida casi la mitad de las empresas de manufactura en Estados Unidos. Los incentivos de producción suelen requerir que la producción de los empleados o equipos alcance o supere un estándar predeterminado. Dicho estándar puede basarse en un “tiempo estándar” por tarea o en el número de piezas producidas. En general ambos sistemas garantizan al empleado cuando menos una tasa base.

Junto con el creciente uso de los equipos de trabajo, se han desarrollado varias formas de pago para retribuirlos. Muchos tienen como base los sistemas tradicionales de pago complementados con algún tipo de bono o sistema de incentivos. Sin embargo, como muchos entornos de equipos requieren capacitación cruzada sobre los trabajos ampliados, también se han desarrollado sistemas de pago *con base en el conocimiento*.

⁹Roger Hallowell, “Southwest Airlines: A Case Study Linking Employees’ Needs, Satisfaction and Organizational Capabilities to Competitive Advantage”, *Human Resource Management* (invierno de 1996): 530.

¹⁰Fred G. Lesieur y Elbridge S. Puckett, “The Scanlon Plan Has Proved Itself”, *Harvard Business Review* 47, núm. 5 (septiembre-octubre de 1969): 109-118.

Sistemas de pago basados en el conocimiento

Porción del pago del empleado que depende del conocimiento o las habilidades que demuestra.

Con los **sistemas de pago basados en el conocimiento** (o las habilidades), una porción del salario del empleado depende de los conocimientos o habilidades demostradas. Los sistemas de pago basados en el conocimiento están diseñados para premiar a los empleados por ampliar el alcance de sus trabajos. Algunos de estos sistemas de pago tienen tres dimensiones: las *habilidades horizontales*, que reflejan la variedad de tareas que el empleado es capaz de realizar; las *habilidades verticales*, que reflejan los aspectos de planeación y control del trabajo; y la *profundidad de las habilidades*, que refleja calidad y productividad. En Johnsonville Sausage Co., en Wisconsin, los empleados *sólo* reciben aumento salarial cuando dominan una nueva habilidad como la programación, la elaboración de presupuestos o el control de la calidad.

Ergonomía y métodos de trabajo

Como se mencionó en el capítulo 1, la era de la administración científica comenzó con Frederick W. Taylor, a finales del siglo XIX.¹¹ Él y sus contemporáneos iniciaron el examen de la selección de personal, los métodos de trabajo, los estándares de mano de obra y la motivación.

Gracias a los fundamentos de Taylor, hemos desarrollado un cuerpo de conocimientos acerca de las capacidades y limitaciones de las personas. Este conocimiento es necesario porque los seres humanos somos animales con habilidades de ojos/manos, con capacidades excepcionales y algunas limitaciones. Debido a que los administradores deben diseñar trabajos que se puedan desempeñar, introduciremos algunos aspectos relacionados con las capacidades y limitaciones de las personas.

Ergonomía El administrador de operaciones se interesa en construir una buena interfaz entre seres humanos y máquinas. El estudio de esta interfaz se conoce como **ergonomía**. Ergonomía significa “el estudio del trabajo”. (*Ergon* es la palabra griega para “trabajo”). En Estados Unidos la palabra *ergonomía* en ocasiones se sustituye por el término *factores humanos*. La comprensión de los aspectos ergonómicos ayuda a mejorar el desempeño del ser humano.

La constitución física de hombres y mujeres adultos es limitada. Por lo tanto, el diseño de herramientas y lugares de trabajo depende del estudio de las personas para determinar qué pueden hacer y qué no. La considerable cantidad de información recolectada es suficiente para proporcionar los datos necesarios de la fuerza y las medidas básicas para el diseño de herramientas y lugares de trabajo. El diseño del lugar de trabajo facilita o hace imposible una tarea. Además, el uso de modelos computarizados nos permite analizar los movimientos y esfuerzos del ser humano.

Veamos un ejemplo breve de las medidas del cuerpo humano para determinar la altura adecuada de un escritorio. La altura óptima de un escritorio depende del tamaño del individuo y de la tarea por realizar. La altura común de un escritorio para escribir es 29 pulgadas. Para escribir a máquina o capturar datos en computadora, debe ser más bajo. La altura ideal de la silla y el escritorio debe dar como resultado un ángulo ligero entre el cuerpo y el brazo cuando se observa al individuo de frente y con la espalda recta. Ésta es la medida más importante y se lograría ajustando la altura de la mesa o de la silla.

Ergonomía

Estudio del trabajo; con frecuencia llamada *factores humanos*.

Muchos ciclistas fijan sus asientos muy abajo. La altura correcta es 103% de la distancia de la entepierna a los pies.

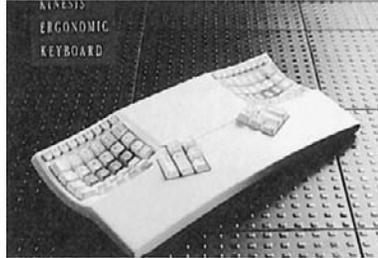


Los aspectos ergonómicos están presentes tanto en la oficina como en la fábrica. Aquí, una consultora en ergonomía mide el ángulo del cuello de la operadora de una terminal. La postura —que se relaciona con la altura del escritorio, la altura y posición de la silla, la colocación del teclado y la pantalla de la computadora— es un factor importante para disminuir los dolores de espalda y cuello que llegan a surgir después de varias horas de trabajo en la computadora.

¹¹Frederick W. Taylor, *Scientific Management* (Nueva York: Harper & Row, 1911): 204.



El “teclado” Infogrip sólo tiene siete teclas, una para cada dedo y tres para el pulgar, pero reproduce todas las funciones del teclado QWERTY tradicional. Como la colocación de los dedos es constante, Infogrip reduce la tensión en la mano. (Infogrip Ventura, CA.)



Las pruebas indican que este teclado se ajusta mucho mejor a la forma natural de la mano, exige menos esfuerzo físico y es más cómodo que el teclado tradicional de computadora. (Kinesis Corp., Bellevue, WA.)



El teclado “Data-Hand” permite que cada mano descansa en el propio soporte de la palma, ergonómicamente formado y acolchado. Cinco teclas rodean la punta de cada dedo y del pulgar. (Industrial Innovations, Inc., Scottsdale, AZ.)

FIGURA 8.4 ■ El diseño del trabajo y el teclado

Datos del operario a las Máquinas La respuesta del operario a las máquinas debe evaluarse, ya sea que se trate de herramientas de mano, pedales, palancas o botones. Los administradores de operaciones deben cerciorarse de que los operarios tengan la fuerza, reflejos, percepción y capacidad mental para lograr el control necesario. En ocasiones, problemas como el *síndrome del túnel de carpo* ocurren al usar herramientas tan simples como un teclado que está mal diseñado.¹² Las fotografías de la figura 8.4 muestran innovaciones de diseño recientes para mejorar esta herramienta común.

Retroalimentación a los operarios La retroalimentación llega a los operarios a través de la vista, el sonido y el tacto, y no debe descuidarse. El percance en las instalaciones nucleares en la isla de Tres Millas, la peor experiencia nuclear de Estados Unidos, fue en gran parte resultado de una retroalimentación

El síndrome del túnel de carpo es un desorden de la muñeca que sufren 23,000 trabajadores cada año en Estados Unidos, con un costo promedio para empleadores y aseguradoras de 30,000 dólares por trabajador afectado. Muchas herramientas, instrumentos y teclados de computadora que se usan en nuestro tiempo colocan a la muñeca en una posición antinatural. La combinación de esta posición y la repetición continua pueden contribuir con el síndrome del túnel de carpo. La cirugía que se muestra en la fotografía es uno de los procedimientos médicos para corregirlo. Sin embargo, su cura depende de las características ergonómicas del lugar de trabajo y del diseño de las herramientas.



¹²Aun cuando se hace referencia rutinaria al síndrome del túnel de carpo como una condición relativa al trabajo, existe cierta evidencia de que una enfermedad como la diabetes o la artritis podría ser la causa principal. Véase “Diseases, not Work, May Be the Carpal Tunnel Culprit”, *IIE Solutions* (febrero de 1999): 13.

TABLA 8.2 ■

Niveles de iluminación recomendados para varias condiciones de trabajo

| CONDICIÓN DE TRABAJO | TIPO DE TAREA O ÁREA | NIVEL DE ILUMINACIÓN (FT-C) ^a | TIPO DE ILUMINACIÓN |
|--|---|--|--|
| Detalles pequeños, precisión extrema | Costura, inspección de materiales oscuros | 100 | Lámpara de techo y lámpara de escritorio |
| Detalles normales, periodos largos | Lectura, ensamble de partes, trabajo general de oficina | 20–50 | Lámparas de techo |
| Buen contraste, objetos bastante grandes | Instalaciones recreativas | 5–10 | Lámparas de techo |
| Objetos grandes | Restaurantes, escaleras, almacenes | 2–5 | Lámparas de techo |

^aFT-C (pie candela) es una medida de iluminación.

Fuente: C. T. Morgan, J. S. Cook III, A. Chapanis y M. W. Lund, eds., *Human Engineering Guide to Equipment Design* (Nueva York: McGraw-Hill, 1963).

deficiente a los operarios sobre el desempeño del reactor. Los grupos no funcionales de instrumentos poco claros controles inaccesibles, combinados con cientos de luces preventivas confusas, contribuyeron a esa falla nuclear. Aspectos relativamente simples como éstos establecen una diferencia en la respuesta del operador y, por tanto, en su desempeño.

Entorno de trabajo El entorno físico en el que trabajan los empleados afecta su desempeño, seguridad y calidad de vida en el trabajo. La iluminación, el ruido y la vibración, la temperatura, la humedad y la calidad del aire son factores del entorno de trabajo sobre los que tienen control la organización y el administrador de operaciones. El administrador debe verlos como factores controlables.

La *iluminación* es necesaria, pero el nivel adecuado depende del trabajo que se realiza. En la tabla 8.2 se proporcionan algunas guías. Sin embargo, también son importantes otros factores de iluminación. Entre ellos se incluyen la capacidad para reflejar, el contraste de la superficie de trabajo con los alrededores, los reflejos y las sombras.

Aunque casi siempre hay algún tipo de *ruido* en el área de trabajo, la mayoría de los trabajadores parecen adaptarse bien a él. No obstante, los altos niveles de sonido llegan a dañar la audición. La tabla 8.3 proporciona algunas indicaciones sobre el sonido que generan distintas actividades. Los largos periodos de exposición a niveles superiores a 85 decibeles causan daños permanentes. El departamento de salud y seguridad ocupacional (OSHA, *Occupational Safety and Health Administration*) exige el uso de protectores

TABLA 8.3 ■

Niveles de decibeles (dB) para varios sonidos (los niveles de decibeles son niveles de sonido con ponderación A según un medidor de nivel de sonido)

| RUIDOS EN EL AMBIENTE | FUENTES COMUNES DE RUIDO | DECIBELES | |
|--|-----------------------------------|-----------|--|
| | Despegue de un jet (a 200 pies) | 120 | |
| Área de horno eléctrico | Martillo neumático | 100 | Muy molesto |
| Planta de prensas de impresión | Metro (a 20 pies) | 90 | |
| Interior de un auto deportivo (a 50 mph) | Taladro neumático (a 50 pies) | 80 | Es necesario proteger los oídos si se expone 8 horas o más |
| Carretera cercana (tráfico de automóviles) | Aspiradora (a 10 pies) | 70 | Interrumpe |
| Oficina privada/negocio | Voz humana (a 1 pie) | 60 | |
| Tráfico ligero (a 100 pies) | Transformador grande (a 200 pies) | 50 | Tranquilo |
| Niveles mínimos, áreas residenciales en Chicago durante la noche | | 40 | |
| Estudio (voz humana) | Murmullo suave (5 pies) | 30 | Silencioso |

Fuente: adaptado de A. P. G. Peterson y E. E. Gross Jr., *Handbook of Noise Measurement*, 7a. ed. (New Concord, MA: General Radio Co.).



El desempeño durante una parada en los pits marca la diferencia entre ganar o perder una carrera. Las gráficas de actividad se usan para sincronizar el movimiento de los miembros del equipo de pits; del personal en el cuarto de operaciones, o de los operarios de máquinas en una fábrica. En el problema resuelto 8.1, se muestra una gráfica de actividad aplicada al equipo de pits.

auditivos arriba de estos niveles si la exposición excede 8 horas. Incluso a niveles bajos, el ruido y la vibración llegan a distraer, por ello, casi todos los administradores hacen esfuerzos considerables para reducirlos mediante un buen diseño de maquinaria, áreas cerradas o el aislamiento de las fuentes de ruido y vibración.

Los parámetros de *temperatura y humedad* están bien establecidos. Los administradores que manejan operaciones fuera de la zona de comodidad establecida, deben esperar efectos adversos en el desempeño.

Análisis de métodos

Desarrollo de procedimientos de trabajo seguros y que produzcan artículos de calidad en forma eficiente.

Análisis de métodos

El **análisis de métodos** se enfoca en *cómo* se lleva a cabo una tarea. Se trate de controlar una máquina o de hacer o ensamblar componentes, la forma en que se realiza la tarea establece diferencias en el desempeño, la seguridad y la calidad. Gracias a los conocimientos de ergonomía y el análisis de métodos, los ingenieros de métodos se encargan de asegurar que los estándares de calidad y cantidad se cumplan de manera eficiente y segura. El análisis de métodos y las técnicas relacionadas son útiles por igual en los entornos de oficina y de manufactura. Las técnicas de métodos sirven para analizar:

1. Movimiento de individuos y materiales. El análisis se realiza mediante *diagramas de flujo y gráficas del proceso* con variaciones en el grado de detalle.
2. Actividad de personas y máquinas y la actividad de un grupo. Este análisis se lleva a cabo usando *gráficas de actividad* (también conocidas como gráficas hombre-máquina y gráficas de grupo).
3. Movimiento corporal (principalmente de brazos y manos). Este análisis se realiza mediante las *gráficas de micromovimientos*.

Diagramas de flujo

Dibujos utilizados para analizar el movimiento de personas y materiales.

Gráficas de proceso

Representación gráfica que describe la secuencia de los pasos en un proceso.

Gráficas de actividad

Una manera de mejorar la utilización de un operario y una máquina o alguna combinación de operarios (un grupo) y máquinas.

Los **diagramas de flujo** son esquemas (dibujos) útiles para estudiar el movimiento de personas y materiales. Como se muestra en la figura 8.5 para Britain's Paddy Hopkirk Factory, y en el recuadro *AO en acción*, "ahorrando pasos en el bombardero B2", el diagrama de flujo es un procedimiento sistemático para observar las tareas repetitivas de ciclo largo. La figura 8.5a muestra el método antiguo y la figura 8.5b muestra un nuevo método con flujo de trabajo mejorado y que requiere menos espacio y almacén. En las **gráficas de proceso** se usan símbolos, como en la figura 8.5c, para ayudarnos a comprender el movimiento de personas o materiales. De esta forma, es posible reducir movimientos y demoras para hacer que las operaciones sean más eficientes. La figura 8.5c es una gráfica de proceso que se utiliza como complemento del diagrama de flujo presentado en la figura 8.5b.

Las **gráficas de actividad** sirven para estudiar y perfeccionar la utilización de un operario y una máquina o de alguna combinación de operarios (un "grupo") y máquinas. El enfoque común es que el analista registre el método existente mediante la observación directa, para después proponer las mejoras en una

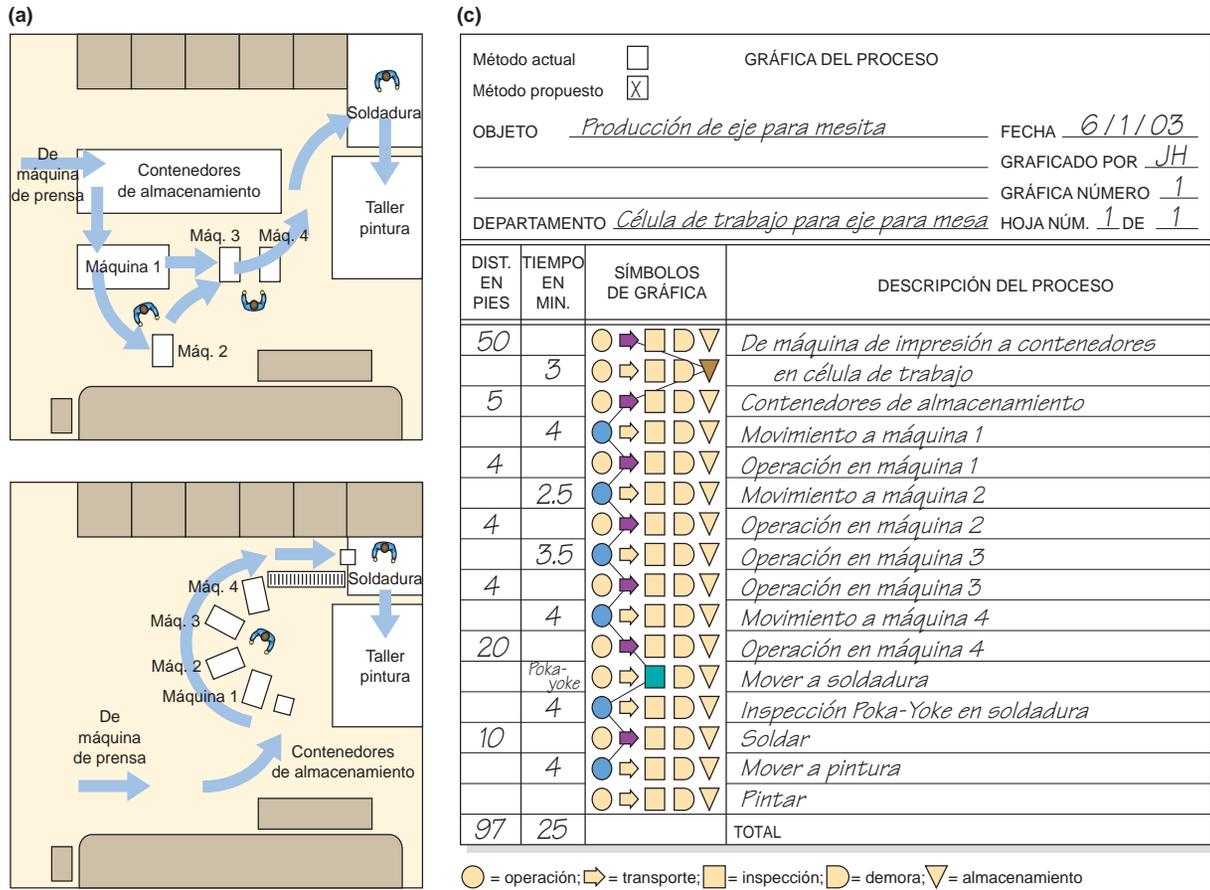


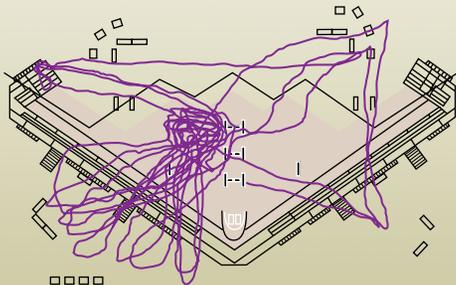
FIGURA 8.5 ■ Diagrama de flujo de la línea de producción del eje para mesita en Paddy Hopkirk Factory

a) Método anterior; b) método nuevo; c) gráfica del proceso de producción de un eje para mesita usando el nuevo método de Paddy-Hopkirk (mostrado en b).

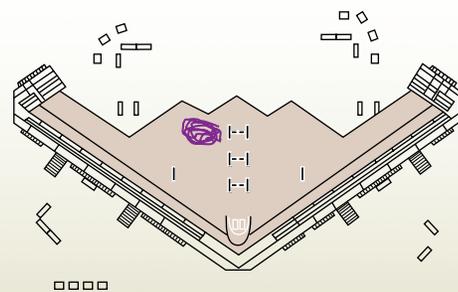
AO EN ACCIÓN

Ahorrando pasos en el bombardero B2

La industria aeroespacial se distingue por fabricar productos extravagantes, pero también se conoce por hacerlo en forma muy costosa. Los procesos tradicionales basados en lotes que se usan en la industria han dejado muchas posibilidades para perfeccionamiento. Encabezando el camino, Northrop Grumman analizó el flujo de trabajo de un mecánico, cuya tarea en la planta de Palmdale, California, consistía en aplicar alrededor de 70 pies de cinta adhesiva al sigiloso



Los 26 viajes a varias estaciones de trabajo para reunir herramientas y equipo para aplicar la cinta al Bombardero B2 se muestran como líneas gris oscuro en la lámina.



La ruta del trabajo del mecánico se redujo a la pequeña área señalada con líneas gris oscuro.

bombardero B-2. En su preparación para el trabajo, el mecánico (gráfica a la izquierda) se alejaba del avión 26 veces y tardaba tres horas sólo en reunir los químicos, mangueras, calibradores y otros materiales necesarios. Reuniendo de antemano los juegos de materiales para el trabajo, Northrop Grumman redujo a cero el tiempo de preparación y el tiempo para completar la tarea bajó de 8.4 horas a 1.6 (como se observa arriba).

Fuentes: New York Times (9 de marzo de 1999): C1-C9; y Aviation Week & Space Technology (17 de enero de 2000): 441.

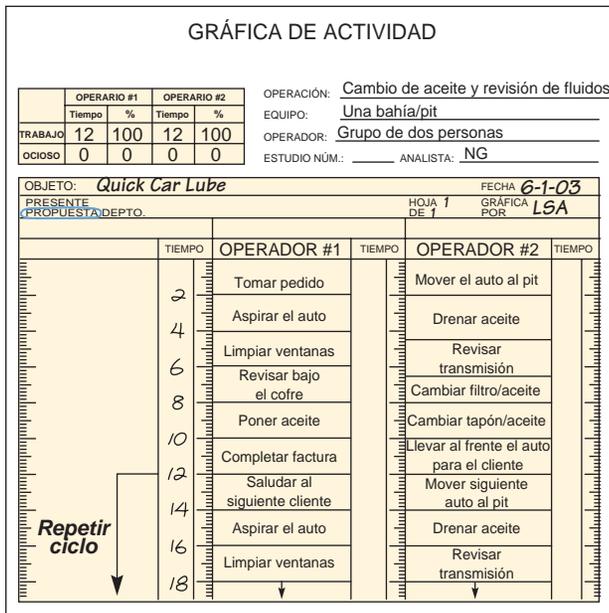


FIGURA 8.6 ■ Gráfica de actividad para un grupo de dos personas que realiza un cambio de aceite en 12 minutos en Quick Car Lube



FIGURA 8.7 ■ Diagrama de operaciones (gráfica de mano derecha/mano izquierda) para Bolt-Washer Assembly

Fuente: Adaptado de L. S. Aft, *Productivity Measurement and Improvement* (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1992): 5. Reimpreso con autorización de Prentice Hall, Inc.

segunda gráfica. La figura 8.6 es una gráfica de actividad que muestra las mejoras propuestas para un grupo de trabajo de dos personas en Quick Car Lube.

Diagrama de operaciones

Gráfica que describe los movimientos de la mano derecha y la mano izquierda (también conocido como diagrama bimanual).

El movimiento del cuerpo se analiza mediante un **diagrama de operaciones**. Este diagrama, diseñado para señalar la economía de movimientos, indica los movimientos inútiles y el tiempo ocioso (demora). El diagrama de operaciones (también conocido como *diagrama de mano izquierda/mano derecha o bimanual*) se muestra en la figura 8.7.

LUGAR DE TRABAJO VISUAL

Lugar de trabajo visual

Uso de diversas técnicas de comunicación visual para transmitir información con rapidez a los participantes.

El **lugar de trabajo visual** usa dispositivos visuales de bajo costo para compartir información de manera rápida y precisa. Las pantallas y gráficas bien diseñadas evitan la confusión y sustituyen impresiones y documentos difíciles de entender. Como los datos en el lugar de trabajo cambian con rapidez y frecuencia, los administradores de operaciones deben compartir la información de manera precisa y actualizada. La dinámica del lugar de trabajo con los cambiantes requerimientos del cliente, especificaciones, programas y otros detalles de los que depende una empresa, deben comunicarse con prontitud.

Los sistemas visuales incluyen gráficas de control estadístico del proceso (SPC), detalles de calidad, accidentes, niveles de servicio, desempeño de la entrega, costos, tiempo del ciclo y otras variables tradicionales, como asistencia y retardos. Todos los sistemas visuales deben enfocarse en las mejoras ya que éstas casi siempre representan una motivación para los trabajadores. Una serie de señales visuales y gráficas constituye una excelente herramienta para comunicarse no sólo con las personas que hacen el trabajo, sino también con el personal de apoyo, la administración, los visitantes y los proveedores. Todos estos participantes merecen recibir retroalimentación sobre la organización. Cuando los informes de la administración quedan sólo en manos de los administradores, suelen resultar inútiles y quizá contraproducentes. Los administradores deben pensar en términos de una administración visual.

El lugar de trabajo visual toma varias formas. Los *kanban* son un tipo de señal visual que indica la necesidad de más producción. Los relojes de 3 minutos que se encuentran en Burger King son un tipo de estándar visual para indicar el tiempo de espera aceptable para recibir el servicio. Los símbolos que indican el lugar de las herramientas son otro tipo de estándar visual que ayuda a mantener el orden. Para algunas organizaciones resulta útil mostrar los estándares de desempeño cada hora para que todos los vean. Las luces *andon* son otro tipo de señal visual. Una señal **andon** indica la presencia de un problema. Los empleados encienden las señales andon en forma manual cuando notan un problema o defecto; aunque también se prenden en forma automática cuando el desempeño de una máquina baja de cierto ritmo, o cuando el número de ciclos indica que es tiempo de darle mantenimiento. La figura 8.8 muestra algunas señales visuales para el lugar de trabajo.

Andon

Luz de aviso que indica problemas.

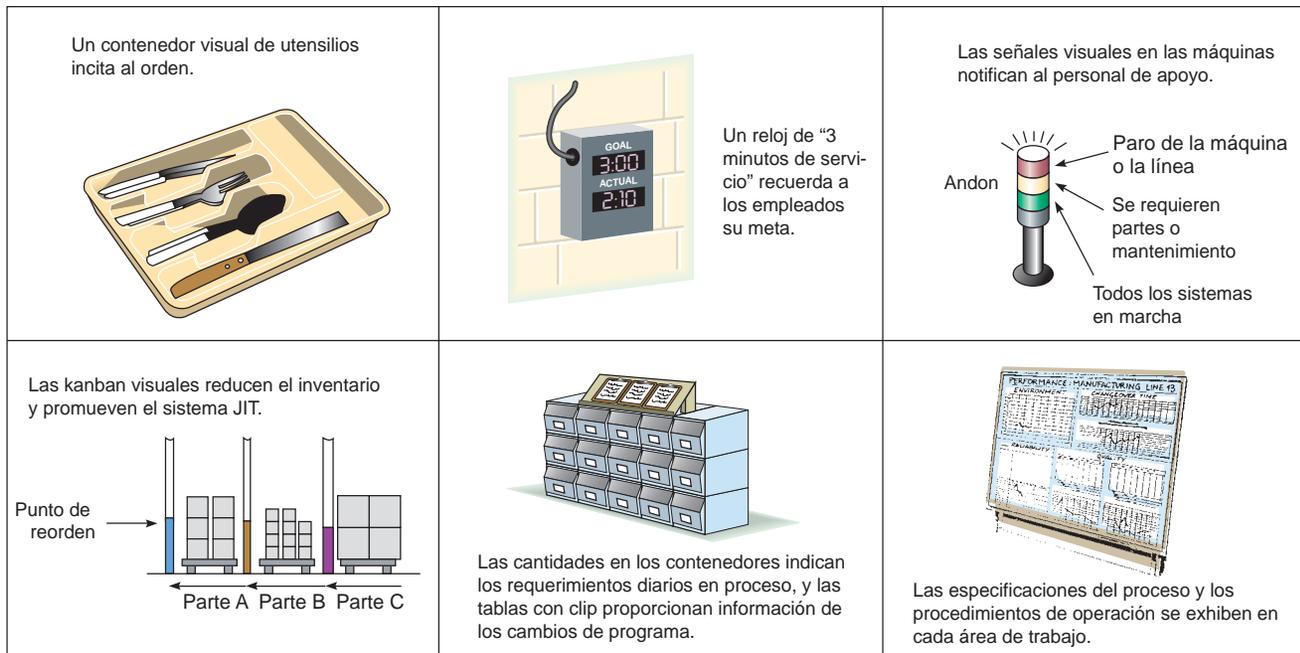


FIGURA 8.8 ■ El lugar de trabajo visual

Los sistemas de ayuda visual comunican una perspectiva más amplia, que ayuda a que los empleados entiendan la relación entre actividades diarias y desempeño general de la organización. En Baldor Electric Co., en Fort Smith, Arkansas, la información del precio de las acciones de la compañía al cierre del día anterior se coloca donde todos la puedan ver. El propósito de desplegarla es que los empleados recuerden que una porción de su salario se basa en las ganancias compartidas y las acciones, para motivarlos a que continúen buscando maneras de aumentar la productividad. De manera similar, Springfield Re Manufacturing Corp., de Missouri, ha desarrollado el concepto de "administración de libro abierto", donde se capacita a cada empleado para que comprenda la importancia de las medidas financieras (como el rendimiento de las acciones) y le proporcionan la información en forma regular.

El propósito del lugar de trabajo visual es eliminar las actividades sin valor agregado y otras formas de desperdicio, visualizando los problemas, las anomalías y los estándares. Este concepto mejora la comunicación y la retroalimentación al proporcionar información inmediata. El lugar de trabajo con ayudas visuales requiere menos supervisión porque los empleados comprenden los estándares, ven los resultados y saben qué hacer.

ESTÁNDARES DE MANO DE OBRA

Después de estudiar en este capítulo la planeación de la mano de obra y el diseño del trabajo, veremos el tercer requerimiento para una estrategia de recursos humanos efectiva: el establecimiento de los estándares de mano de obra. La planeación efectiva de la fuerza del hombre depende del conocimiento de la tarea requerida.

Los **estándares de mano de obra** se refieren a la cantidad de tiempo requerida para desempeñar un trabajo o parte de él. Toda empresa tiene estándares de mano de obra, aun cuando haya una variación entre los establecidos con métodos informales y los establecidos por profesionales. Para saber cuáles son sus requerimientos de trabajo, cuál debe ser su costo y qué constituye una jornada de trabajo equitativa, la administración debe contar con estándares de mano de obra precisos. Las técnicas para establecerlos se presentan en el suplemento de este capítulo.

Estándares de mano de obra

Tiempo necesario para desempeñar un trabajo o parte de él.

RESUMEN

Las empresas sobresalientes conocen la importancia que tiene una estrategia de recursos humanos efectiva y eficiente. Un alto porcentaje de los empleados y gran parte de los costos de mano de obra suelen estar bajo la dirección de la AO. En consecuencia, es usual que el administrador de operaciones desempeñe un papel importante en el logro de los objetivos de recursos humanos. Un requisito es construir un ambiente de respeto y compromiso mutuos y una calidad de vida en el trabajo razonable. Las organizaciones destacadas cuentan con trabajos diseñados para aprovechar las capacidades mentales y físicas de sus empleados. Sin importar la estrategia que se elija, lo que determina en última instancia el éxito de una empresa es la habilidad para administrar sus recursos humanos.

TÉRMINOS CLAVE

- Planeación de la mano de obra
- Horario estándar de trabajo
- Horario flexible
- Semana de trabajo flexible
- Tiempo parcial
- Diseño del trabajo
- Especialización del trabajo (o mano de obra especializada)
- Ampliación del trabajo
- Rotación del trabajo
- Enriquecimiento del trabajo
- Delegación de autoridad en el empleado
- Equipo autodirigido
- Bono
- Reparto de utilidades
- Ganancias compartidas
- Sistema de incentivos
- Sistemas de pago basados en el conocimiento
- Ergonomía
- Análisis de métodos
- Diagramas de flujo
- Gráficas de proceso
- Gráficas de actividad
- Diagrama de operaciones
- Lugar de trabajo visual
- Andon
- Estándares de mano de obra

PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 8.1

Usted es jefe de la brigada de pits de Prototype Sports Car y le acaban de entregar las reglas de las paradas en el pit para la siguiente temporada. Usted sólo podrá tener seis personas en la pared del pit al mismo tiempo, y entre ellas debe haber un responsable *extinguidores de incendios/seguridad*. Éste debe llevar consigo un extinguidor y podría no dar servicio al auto, pero finalmente podrá indicar al piloto en qué parte del pit detener el carro y cuándo salir del pit.

Usted espera que el auto de este año tenga gatos de aire. Los gatos integrados sólo requieren una manguera de aire para funcionar. También la gasolina se abastecerá a través de una manguera, y una segunda manguera se usará para extraer el aire de las celdas de gasolina. El flujo promedio en la manguera de gasolina será de 1 galón por segundo. La capacidad del tanque es 25 galones. Usted espera tener que cambiar las cuatro llantas en la mayoría de las paradas en el pit. Este año variará la longitud de la carrera, pero piensa que en las carreras más largas también deberá cambiar al piloto. Los estudios cronometrados recientes han verificado los siguientes tiempos para su experimentado equipo de trabajo:

| ACTIVIDAD | TIEMPO EN MINUTOS |
|--------------------------------|-------------------|
| Instalar manguera de aire | .075 |
| Quitar llanta | .125 |
| Montar nueva llanta | .125 |
| Ir a manguera del gato de aire | .050 |
| Ir a parte trasera del auto | .050 |
| Ayudar al piloto | .175 |
| Limpiar parabrisas | .175 |
| Cargar gasolina (por galón) | .016 |

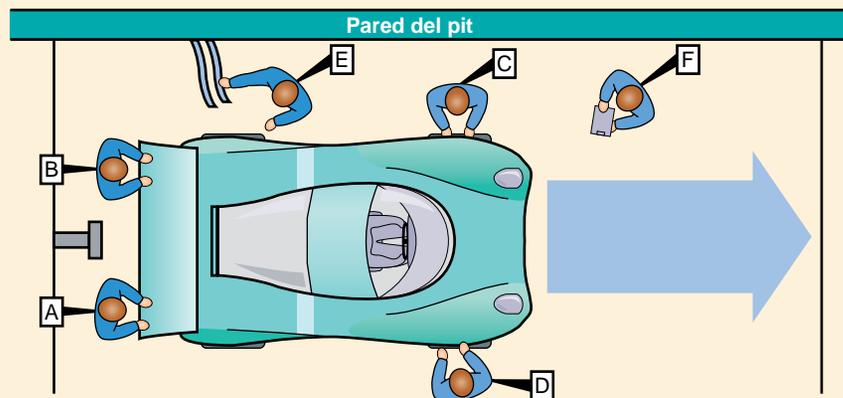
Su trabajo consiste en desarrollar un plan preliminar que le permita utilizar mejor a las seis personas que integran su brigada de pits. Los seis integrantes están identificados con letras, como se muestra en la figura 8.9. Para facilitar su tarea decidió usar una gráfica de actividad similar a la de la figura 8.6.

SOLUCIÓN

Su gráfica de actividad muestra lo que debe hacer cada miembro de su equipo durante cada segundo en cada parada en el pit.

FIGURA 8.9 ■

Posición del auto y los seis miembros de la brigada (consulte la gráfica en la siguiente página)



| GRÁFICA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| Gráfica núm.: | | Hoja núm.: | | de: | | | |
| PRODUCTO: | | R E S U M E N | | ACTUAL | | | |
| PROCESO: | | TIEMPO DEL CICLO | | PROPUESTA | | | |
| MÁQUINAS: | | Hombre | | AHORRO | | | |
| OPERATIVO: | | RELOJ NUM.: | | Máquina | | | |
| GRÁFICADO POR: | | FECHA: | | Máquina | | | |
| Tiempo (min.) | B R I G A D A | | | | | O B S E R V A C I O N E S | Tiempo (min.) |
| | A | B | C | D | E | F | |
| 0.025 | | | | | Ir a mangueras de auto | | 0.025 |
| 0.050 | | Instalar manguera de aire | | | Cargar gasolina | | 0.050 |
| 0.075 | Quitar llanta | | Quitar llanta | Quitar llanta | | | 0.075 |
| 0.100 | | Quitar llanta | | | | | 0.100 |
| 0.125 | | | | | | | 0.125 |
| 0.150 | Montar llanta nueva | | Montar llanta nueva | Montar llanta nueva | | | 0.150 |
| 0.175 | | | | | | | 0.175 |
| 0.200 | | | | | | | 0.200 |
| 0.225 | | | | | | | 0.225 |
| 0.250 | | | | | | | 0.250 |
| 0.275 | | | | | | | 0.275 |
| 0.300 | Ir a manguera de aire | Montar llanta nueva | Ayudar al piloto | Limpiar parabrisas | | | 0.300 |
| 0.325 | | | | | | | 0.325 |
| 0.350 | | Ir a parte trasera | | | | | 0.350 |
| 0.375 | | | | | 24.5 gal. de gasolina | | 0.375 |
| 0.400 | Ocioso | Ocioso | | | 24.5 segundos | | 0.400 |
| 0.425 | | | | | | | 0.425 |
| 0.450 | | | Ocioso | Ocioso | | | 0.450 |
| 0.475 | Empujar | Empujar | | | Ocioso | Ocioso | 0.475 |

FIGURA 8.9 ■ (continúa)

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet



PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Cómo definiría una buena calidad de vida en el trabajo?
2. ¿Cuáles son algunos de los peores trabajos que sabe que existen? ¿Por qué considera que son malos trabajos? ¿Por qué quieren algunas personas esos trabajos?
3. Si rediseñara los trabajos que describió en la pregunta 2, ¿qué cambios haría? ¿Sus cambios son realistas? ¿Los cambios mejorarían la productividad (no sólo *producción*, sino *productividad*)?
4. ¿Conoce algún trabajo que lleve la interfaz hombre-máquina hasta los límites de la capacidad humana?
5. ¿Cuáles son las cinco características básicas de un buen diseño del trabajo?
6. ¿Qué diferencias existen entre enriquecimiento del trabajo, ampliación del trabajo, rotación del trabajo, especialización en el trabajo y delegación de autoridad en el empleado?
7. Defina ampliación vertical del trabajo y ampliación horizontal del trabajo. Explique con claridad en qué difieren.
8. Explique por qué la ampliación del trabajo en ocasiones deriva en un mayor promedio de accidentes.
9. Defina ergonomía. Analice el papel de la ergonomía en el diseño del trabajo.
10. Enumere las técnicas disponibles para llevar a cabo el análisis de métodos.
11. De acuerdo con el texto, ¿cuáles son las limitaciones de la estrategia de recursos humanos?



EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

La situación se estaba poniendo difícil para un fabricante de bolsas de aire de Lordstown, Ohio. Sharon Lavoy, experimentada técnica e integrante del comité de seguridad, sugirió cerrar la línea debido a los gases tóxicos que se generaban cuando los empleados insertaban un sensor de químicos en cada bolsa de aire. El nuevo agente adhesivo para sellar los sensores, aunque seguro después de cerrar las bolsas, era altamente tóxico en estado líquido. Además, la representante del sindicato cuestionaba los estándares de seguridad, argumentando que el adhesivo seguía siendo tóxico durante el secado. El sistema de ventilación instalado recientemente no cambiaba el olor, pero de acuerdo con todas las pruebas realizadas, las partes por millón del químico estaban por debajo de los 100 puntos del estándar de OSHA. El gerente de la planta, Steve Goodman, había discutido el problema con la gerente de salud y seguridad, Holly Malcolm, quien observó que aunque el estándar

de OSHA era 100 ppm el estándar de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (AGGIH) era sólo 50. Goodman sabía perfectamente que aunque el nuevo programa de delegación de autoridad en los empleados era importante, la planta de ensamble de automóviles que se hallaba a 15 millas de distancia necesitaba las bolsas de aire en ese momento. El fabricante de automóviles no tenía bolsas de aire en inventario y dependía de la entrega JIT por la planta de Lordstown. Por lo tanto, junto con el cierre de la planta de ensamble de bolsas de aire se cerraría la planta de ensamble de automóviles. La reputación de Lordstown y los empleos de su gente dependían de la entrega oportuna de las bolsas de aire.

Primero, si usted fuera Steve Goodman, ¿qué decisión tomaría? Justifique su posición así como la del sindicato y la de Sharon Lavoy. Por último, proponga una solución para hacer frente a este problema en forma inmediata.



PROBLEMAS

- 8.1 Elabore un diagrama de proceso para el cambio de la llanta trasera derecha de un automóvil.
- 8.2 Dibuje una gráfica de actividad para el operario de una máquina con la siguiente operación. Los tiempos relevantes son los siguientes:

| | |
|---|-----------|
| Preparar el molino para carga (limpieza, lubricación, etc.) | .50 min. |
| Cargar el molino | 1.75 min. |
| Operación del molino (cortar material) | 2.25 min. |
| Descargar el molino | .75 min. |

- ∴ 8.3 Dibuje una gráfica de actividad (una gráfica de brigada parecida a la figura 8.6) para un concierto (por ejemplo, de Britney Spears, Sheryl Crow, Bono, Bruce Springsteen) y determine en qué forma organizar todo el concierto para que la estrella tenga suficientes descansos. Por ejemplo, ¿en qué momento se programará un número instrumental, un efecto visual, un dueto o un baile, que dé a la estrella un descanso físico o, cuando menos, que descance su voz? ¿También habrá momentos de descanso para los otros miembros del espectáculo?
- ∴ 8.4 Elabore una gráfica de operaciones para cada una de las siguientes tareas:
 - a) Colocar una nueva goma a un lápiz.
 - b) Colocar un clip para papel a dos hojas de papel.
 - c) Colocar papel en una impresora.
- 8.5 Desarrolle un diagrama de proceso para la instalación de una nueva tarjeta de memoria en su computadora personal.
- 8.6 Para uno de sus empleos anteriores, califique cada una de las características básicas del trabajo de Hackman y Oldham en una escala de 1 a 10. ¿Cuál es la calificación total? ¿Qué aspecto del trabajo pudo haber cambiado para que usted le diera una mejor calificación?
- ∴ 8.7 Con los datos del problema resuelto 8.1 prepare una gráfica de actividad semejante a la de ese problema, pero para un equipo de trabajo de sólo *cuatro* personas.
- ∴ 8.8 Usando los datos del problema resuelto 8.1, prepare una gráfica de actividad semejante a la de ese problema. Sin embargo, considere que ahora un flujo de gasolina de 1 1/2 galones por segundo.
- ∴ 8.9 Elabore una gráfica de actividad para el cambio de la llanta trasera derecha de un automóvil con:
 - a) una sola persona trabajando,
 - b) dos personas trabajando.
- ∴ 8.10 Elabore una gráfica de actividad para el lavado de platos en un fregadero con dos tarjas. Participan dos personas, una lava, la otra enjuaga y seca. La persona que enjuaga, seca los platos que se encuentran en el escurridor, mientras la que lava llena la tarja derecha con platos limpios pero sin enjuagar. Después la otra persona, enjuaga los platos limpios y los coloca en el escurridor. Los platos se apilan antes de guardarse en la alacena.
- ∴ 8.11 El club de su campus organizará un lavado de autos. Por la demanda, sólo se programarán tres personas por línea de lavado, es decir, tres personas deberán lavar cada vehículo. Diseñe una gráfica de actividad para lavar y secar un sedán típico. Debe lavar las llantas pero ignore la limpieza del interior porque esta parte de la operación se hará en una estación de aspirado independiente.
- ∴ 8.12 Diseñe un diagrama de proceso para la impresión de un documento pequeño en la impresora láser de una oficina. Desconoce que la impresora del pasillo no tiene papel. El papel se encuentra en un almacén en el otro extremo del pasillo. Una vez impreso el documento, necesita cinco copias engrapadas. La copiadora, ubicada junto a la impresora, tiene compaginadora pero no con engrapadora. ¿Cómo podría hacer más eficiente la tarea con el equipo existente?
- ∴ 8.13 Elabore una gráfica de operaciones para adherir dos fotografías de 5 × 4 pulgadas en una hoja de papel (tamaño carta) con orientación vertical. (Cada imagen es parte de una presentación que se fotocopiará y entregará a los participantes). La cinta adhesiva está en un despachador y tiene mucho espacio sobre su escritorio.



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: del 10.14 al 10.17.

CASO DE ESTUDIO

Karstadt contra J.C. Penney

Andreas Drauschke y Angie Clark realizan tareas parecidas por salarios semejantes en tiendas departamentales ubicadas en Berlín y el área suburbana de Washington DC, respectivamente. Sin embargo, no hay comparación en cuanto a las horas que trabajan.

El señor Drauschke trabaja 37 horas a la semana y tiene seis semanas de vacaciones al año. Los sábados su tienda cierra a las 2 P.M. y permanece abierta una noche cada semana, un nuevo servicio en Alemania que al se-

ñor Drauschke no le agrada. “No puedo entender por qué en Estados Unidos las personas compran durante la noche”, dice el joven de 29 años de edad, supervisor de la cadena más grande de tiendas departamentales en Karstadt, Alemania. “Siendo sensatos, ¿por qué alguien necesitaría comprar una bicicleta a las 8:30 P.M.?”

La señora Clark trabaja cuando menos 44 horas a la semana, que incluyen turnos nocturnos, y con frecuencia sábados y domingos. A menudo lleva trabajo a casa, ocupa sus días de descanso para observar las

(continúa)

tiendas de la competencia y nunca toma más de una semana de vacaciones a la vez. “Si tomara más tiempo, sentiría que pierdo el control”, comenta la gerente de comercialización en J.C. Penney.

Si bien los estadounidenses a menudo se maravillan de la laboriosidad alemana, la comparación de las verdaderas cargas de trabajo rompe los estereotipos nacionales. En manufactura, por ejemplo, la semana promedio en Estados Unidos es de 37.7 horas y va en aumento; en Alemania es de 30 horas y en las últimas décadas ha presentado una disminución estable. Además, las leyes alemanas garantizan a todo trabajador un mínimo de cinco semanas de vacaciones al año.

Los trabajadores de las tiendas departamentales de Alemania también se resisten a cualquier intromisión que afecte sus horas de descanso, mientras que muchos empleados de J.C. Penney tienen un segundo empleo y trabajan hasta 60 horas de trabajo por semana. Sin embargo, los horarios de trabajo largos e irregulares tienen un precio. La rotación de personal en la tienda de Alemania es insignificante; en J.C. Penney es de 40% anual. En Alemania atienden como aprendices de 2 a 3 años y conocen sus tareas al derecho y al revés. En J.C. Penney los trabajadores reciben 2 o 3 días de capacitación. Sobre todo, es la necesidad económica más que el gusto por el trabajo, lo que parece motivar a la mayor parte de los empleados estadounidenses.

El punto de vista del señor Drauschke es muy diferente: trabaja duro mientras esté en el trabajo y sal lo más pronto posible. Un jardinero apasionado con esposa y un hijo pequeño no está interesado en trabajar más de las 37 horas que exige su contrato, aunque signifique más dinero. Él afirma: “nadie puede pagar el tiempo libre”.

El deseo de mantener bajo el número de horas de trabajo es una obsesión en Alemania y una misión permanente de sus poderosos sindicatos. En 1989, cuando Alemania introdujo la noche de compras los jueves, los trabajadores de las tiendas se fueron a la huelga y el señor Drauschke tiene problemas para encontrar quién cubra las dos horas extra los jueves en la noche, aun cuando este turno se recompensa con una hora menos todos los días.

El señor Drauschke, como otros alemanes, también piensa que es inconcebible que los estadounidenses tengan el hábito de buscar un segundo trabajo. “De por sí, ya llego a casa a las 7 de la noche” y pregunta, “¿a qué hora debo trabajar?” En cuanto a las vacaciones, es ilegal —sí, ilegal— que los alemanes trabajen en otro lado durante las vacaciones, un periodo que “es estrictamente para recuperarse”, explica el señor Drauschke.

En J.C. Penney, la señora Clark comienza su día de trabajo a las 8 A.M. Aunque la tienda abre a las 10:00 de la mañana, ella considera que necesita un rato para supervisar los aparadores del piso y la programación. La mayor parte del personal de ventas checa alrededor de las 9 de la mañana para preparar las cajas y surtir los anaqueles, un contraste marcado con Karstadt, donde los vendedores llegan justo antes de que la tienda abra.

Preguntas para analizar

1. ¿Cuál es la diferencia entre la cultura laboral alemana y la estadounidense?
2. ¿Qué ventajas y desventajas básicas observa en cada sistema?
3. Si usted fuera un alto ejecutivo de operaciones de una cadena internacional de tiendas departamentales con tiendas tanto en Alemania como en Estados Unidos, ¿qué aspectos básicos de las políticas corporativas de recursos humanos debería analizar?
4. ¿Son distintos los problemas de los empleados del comercio al menudeo de los de otras industrias?
5. ¿En que sistema preferiría trabajar usted?

Fuente: Adaptado de R. W. Griffin y M. W. Pustay, *International Business: A Managerial Perspective*, 2a. ed. (pp. 761-762). © 1999 Addison Wesley Longman. Reproducido con autorización de Addison Wesley Longman. Todos los derechos reservados.

CASO DE ESTUDIO

La flota a la deriva

En marzo de 2003, Bill Southard, propietario de Southard Trucks Lines, en Canyon, Texas, compró una docena de tractocamiones nuevos a ARC Trucks.* Bill mantiene excelentes relaciones con sus conductores, pero tiene problemas con los nuevos camiones. A sus choferes no les gustan, se quejan de que son difíciles de controlar en carretera y que van a la deriva. Ir a la deriva significa que les cuesta más trabajo controlarlos a la velocidad de carretera. Lo que es más, cuando eligen, prefieren los camiones viejos. De hecho, dos de ellos renunciaron, y Southard cree que los nuevos camiones en lugar de ayudarlo a mantener a los buenos conductores, han contribuido a que los pierda. Después de muchas pláticas con ellos, Southard concluyó que los nuevos camiones sin duda tienen problemas. También considera que la situación tendrá serias implicaciones negativas en el futuro de la empresa. Los nuevos camiones están completamente equipados con los más modernos dispositivos de manejo, así como varias características de comodidad muy costosas. Rinden más kilómetros por litro de gasolina, deberán tener menos costos de mantenimiento y cuentan con lo último en frenos antibloqueo.

Puesto que cada camión cuesta más de \$75,000, la inversión de Southard es de casi un millón de dólares. Él buscaba desesperadamente mejorar el desempeño de su flota con la reducción de los costos de mantenimiento y gasolina, mejoras que no están ocurriendo. También desea mantener contentos a sus conductores. Esto tampoco ha ocurrido. En consecuencia, Southard ha sostenido una serie de pláticas con el fabricante de los camiones.

El fabricante, ARC Trucks de Denton, Texas, rediseñó la suspensión delantera para los tractocamiones que compró Southard. Sin embargo,

ARC insiste en que el nuevo acabado es magnífico y que opera sin problemas. Pero Southard supo que desde que adquirió los camiones, el fabricante ha realizado otros cambios (aunque menores) en algunas partes de la suspensión delantera. ARC argumenta que esos cambios son sólo las mejoras normales al producto que realiza como parte de su política de mejora continua.

A pesar de las enérgicas solicitudes de Southard, ARC se ha negado a hacer cualquier cambio en los camiones que Southard compró. El índice de accidentes de los nuevos camiones no parece haber subido, pero tampoco han recorrido muchos kilómetros. Si bien nadie ha sugerido que las unidades tengan un problema de seguridad significativo, los conductores de Bill afirman inflexibles que tiene que trabajar más para mantener los camiones en la carretera. En consecuencia, los nuevos camiones pasan la mayor parte del tiempo estacionados en el encierro, mientras los conductores usan los camiones viejos. Los costos de Southard son, por lo tanto, mucho más altos de lo que deberían ser y como piensa entablar una demanda, su abogado le sugirió documentar el caso.

Preguntas para analizar

1. ¿Qué sugerencias le haría el señor Southard?
2. Después de estudiar el material introductorio de ergonomía, ¿imagina algún enfoque analítico para documentar el problema que reportaron los conductores?

*Los camiones grandes para carretera cuentan con dos componentes; uno, el tractocamión, para jalar el segundo, la caja.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Estrategia de recursos humanos de Hard Rock*

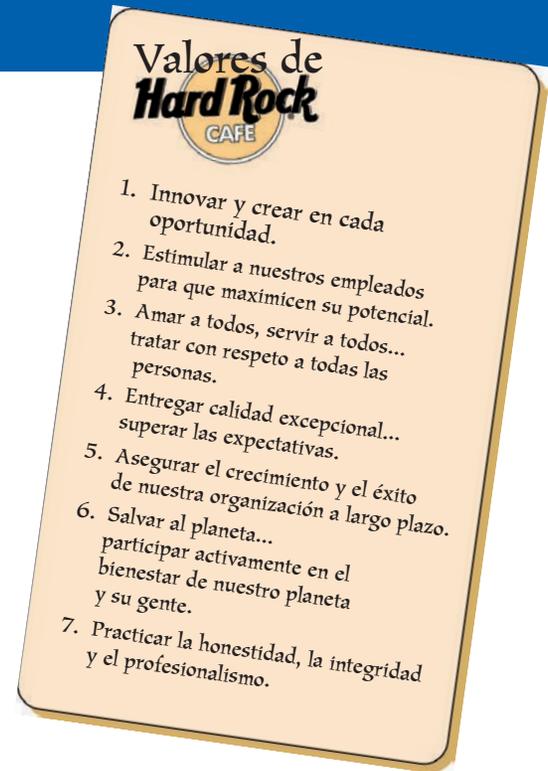
Todos los que van a trabajar en Hard Rock Cafe —desde gerentes hasta empleados por horas— asisten a Rock 101, un curso de capacitación inicial de dos días. Ahí reciben los “valores de Hard Rock” en una tarjeta que cabe en la cartera para llevarla consigo todo el tiempo. El sistema de valores de Hard Rock consiste en crear un ambiente divertido, saludable y cuidadoso dentro de la cultura de Hard Rock Cafe. Este curso inicial y muchos otros ayudan a que los empleados se desarrollen tanto personal como profesionalmente. El departamento de recursos humanos desempeña un papel vital en cualquier organización de servicios, pero en Hard Rock, con la “estrategia de experiencia”, este departamento adquiere aún más importancia.

Mucho antes de que Jim Knight, gerente corporativo de capacitación, comience su clase, la estrategia de recursos humanos de Hard Rock ya ha surtido efecto. El plan estratégico de Hard Rock incluye construir una cultura que permita la aceptación de una diversidad e individualidad sustanciales. Desde la perspectiva de recursos humanos, lo anterior tiene el beneficio de ampliar el grupo de personas solicitantes, además de contribuir con la cultura de Hard Rock.

Crear un ambiente de trabajo en el que el salario no es lo más importante, es un reto singular. Salario y prestaciones sobresalientes son el principio, aunque la clave es proporcionar un ambiente que funcione para los empleados. Esto incluye prestaciones a empleados de tiempo parcial que trabajan cuando menos 19 horas por semana (mientras en otras industrias el mínimo es 35 horas por semana), respeto único a la individualidad, capacitación continua y un alto nivel de promociones internas —casi 60% de los gerentes se seleccionan entre los empleados por hora. La capacitación de la compañía es muy específica, con discos compactos interactivos orientados al trabajo para cubrir los aspectos del servicio de cocina, ventas y contacto con el cliente. El trabajo voluntario en el exterior se estimula de manera especial a través de lazos entre los trabajadores, su comunidad y otros aspectos de importancia para ellos.

Para seleccionar a los solicitantes se observa su interés por la música y su capacidad para contar historias. Hard Rock se basa en un criterio de contratación de individuos brillantes de actitud positiva y automotivados con una lista de derechos del empleado y delegación de autoridad sustancial. El resultado es una cultura y entorno de trabajo singulares que, sin duda, contribuye a la baja rotación del personal por hora, la mitad del promedio en la industria.

La distribución física, los recuerdos, la música y los videos son elementos importantes en la “experiencia” de Hard Rock, pero son los meseros y meseras los que hacen que la experiencia cobre vida. Ellos se



enfocan particularmente en brindar una experiencia de comida auténtica y memorable. Como Southwest Airlines, Hard Rock busca gente con vocación, que quiera servir a los demás. A través del éxito de su estrategia de recursos humanos, Hard Rock obtiene una ventaja competitiva.

Preguntas para analizar

1. ¿Qué ha hecho Hard Rock para reducir la rotación de personal a la mitad del promedio en la industria?
2. ¿En qué forma apoya el departamento de recursos humanos de Hard Rock la estrategia global de la compañía?
3. ¿Cómo funcionaría el sistema de valores de Hard Rock con los trabajadores de una línea de ensamble de automóviles?

*La misión de Hard Rock Cafe se incluye en la figura 2.3, capítulo 2.

†Antes de responder estas preguntas, quizá desee ver el caso en video en su CD.

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Caso de estudio en Internet: Visite nuestro sitio web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener este caso de estudio gratuito:

- **Lincoln Electric's Incentive Pay System:** con el sistema de incentivos de este fabricante se tienen los trabajadores de fábrica mejor pagados del mundo.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Southwest Airlines: Using Human Resources for Competitive Advantage (#HR1A):** Se refiere a la forma en que Southwest Airlines desarrolló una ventaja competitiva sostenida mediante los recursos humanos.
- **Eli Lilly: The Evista Project (# 699-010):** Explora las realidades operacionales de dos equipos de desarrollo de producto.
- **PPG: Developing a Self-directed Workforce (# 693-020):** Estudia el proceso de crear una fuerza de trabajo autodirigida, incluyendo teoría y dificultades.



BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, S. E. y M. Spencer. "The Legal Limitations to Self-Directed Work Teams in Production Planning and Control". *Production and Inventory Management Journal* 39, núm. 1 (primer trimestre de 1998): 41-45.
- Barnes, R. M. *Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*. Nueva York: John Wiley, 1968.
- Brown, Karen A., P. Geoffrey Willis y Gregory E. Prussia. "Predicting Safe Employee Behavior in the Steel Industry: Development and Test of a Sociotechnical Model". *Journal of Operations Management* 18, núm. 4 (junio de 2000): 445-465.
- Galsworth, Gwendolyn D. *Visual Systems: Harnessing the Power of a Visual Workplace*. Nueva York: AMACON, 1997.
- Greif, Michel. *The Visual Factory: Building Participation Through Shared Information*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1991.
- Gross, Clifford M. *The Right Fit: The Power of Ergonomics as a Competitive Strategy*. Portland, Oregon: Productivity Press, 1996.
- Guthrie, James P. "High-Involvement Work Practices, Turnover, and Productivity: Evidence from New Zealand". *Academy of Management Journal* 44, núm. 1 (2001): 180-190.
- Hallowell, Roger. "Southwest Airlines: A Case Study Linking Employee Needs, Satisfaction and Organizational Capabilities to Competitive Advantage". *Human Resource Management* (invierno de 1996): 513-534.
- Hays, J. M. y A. V. Hill. "A Preliminary Investigation of Relationships between Employee Motivation/Vision, Service Learning, and Perceived Service Quality". *Journal of Operations Management* 19, núm. 3 (mayo de 2001): 335-349.
- Housel, Debra J. *Team Dynamics: Professional Development Series*. Cincinnati: South-Western Publishing, 2002.
- Hueter, J. y W. Swart. "An Integrated Labor Management System for Taco Bell". *Interfaces* 28, núm. 1 (enero-febrero de 1998): 75-91.
- Konz, S. *Work Design*. Columbia, OH: Grid, 1979.
- McCormick, E. J. *Human Factors in Engineering and Design*. 4a. ed., Nueva York: McGraw-Hill, 1976.
- Meyer, C. "How the Right Measures Help Teams Excel". *Harvard Business Review* 72, núm. 3 (mayo-junio de 1994): 95.
- West, Lawrence A., Jr. y Walter A. Bogumil, Jr. "Foreign Knowledge Workers as a Strategic Staffing Option". *The Academy of Management Executive* 14, núm. 4 (noviembre de 2000): 71-83.



RECURSOS DE INTERNET

- Bibliografía sobre relaciones interpersonales y el éxito del equipo:
<http://www.hq.nasa.gov/office/hqlibrary/ppm/ppm29.htm>
- Bibliografía sobre equipos y trabajo en equipo:
<http://www.hq.nasa.gov/office/hqlibrary/ppm/ppm5.htm>
- Ergonomía en la Universidad de Toronto:
<http://vered.rose.toronto.edu/>
- Modelado humano por Transom Technologies:
<http://www.transom.com/>
- Occupational Safety and Health Administration:
<http://www.osha.gov/>
- Equipos de trabajo autodirigidos:
<http://users.ids.net/~brim/sdwt.html>
- Sistemas de capacitación visual por The Visual Workplace:
<http://www.visual-workplace.com>
- El mundo trabajando:
<http://www.worldatwork.org>

Medición del trabajo

Descripción del capítulo

ESTÁNDARES DE MANO DE OBRA Y MEDICIÓN DEL TRABAJO

EXPERIENCIA HISTÓRICA

ESTUDIO DE TIEMPOS

ESTÁNDARES DE TIEMPO PREDETERMINADOS

MUESTREO DEL TRABAJO

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASO DE ESTUDIO: JACKSON MANUFACTURING COMPANY

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este suplemento usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Cuatro formas de establecer estándares de mano de obra

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Requerimientos de los buenos estándares de mano de obra

Estudio de tiempos

Estándares de tiempo predeterminados

Muestreo del trabajo



Cada día, de hecho 130 veces al día, Tim Nelson se sienta en un sillón reclinable, un sofá o un love seat de La-Z-Boy. Tim es uno de los 25 inspectores en la fábrica La-Z-Boy, Inc., en Dayton. Cuando se reclina en uno de los superamplios La-Z-Boy, inspecciona la comodidad general; su cuerpo apenas debe hundirse en el sillón, no demasiado. Como en Ricitos de Oro, el asiento no debe ser demasiado firme ni muy suave, sino justo como debe ser, o se regresa a rellenar de nuevo. Si pasa la prueba de “firmeza”, se mece atrás y adelante para cerciorarse de que el balance es apropiado y su movimiento suave. Después, revisa el descanso de los pies, arquea su espalda y mantiene la posición que tomaría durante la siesta el domingo por la tarde. Luego, se pone de pie y camina alrededor para la revisión visual, antes de pasar al siguiente sillón. Uno menos de los 130 que debe revisar diariamente.¹

ESTÁNDARES DE MANO DE OBRA Y MEDICIÓN DEL TRABAJO

Los estándares de mano de obra modernos tienen su origen en los trabajos de Frederick Taylor y Frank y Lillian Gilbreth a principios del siglo xx. En aquel tiempo una gran parte del trabajo era manual y el contenido de mano de obra de los productos era alto. Poco se sabía de lo que hoy constituye una jornada de trabajo justa, fue entonces que los administradores comenzaron los estudios tendientes a mejorar los métodos de trabajo y a comprender el esfuerzo humano. Ambos temas siguen siendo objeto de estudio en nuestros días. Aun cuando vivimos en los albores del siglo XXI y los costos de mano de obra suelen representar menos de 10% de las ventas, los estándares de mano de obra todavía son importantes y tienen un papel relevante tanto en organizaciones de manufactura como de servicio, y con frecuencia sirven de referencia inicial para establecer los requerimientos de personal. Debido a que más de la mitad de las plantas de manufactura en Estados Unidos emplean algún tipo de sistema de incentivos para el trabajo, los estándares de mano de obra adecuados son un requisito para la empresa.

Una administración de operaciones efectiva requiere estándares significativos que ayuden a la empresa a determinar:

1. El contenido de mano de obra de los artículos producidos (costo de mano de obra).
2. Las necesidades de personal (cuántas personas se necesitan para lograr la producción requerida).
3. El costo y tiempo estimados antes de la producción (para ayudar a tomar varias decisiones, desde la estimación del costo hasta las decisiones de hacer o comprar).
4. El tamaño de las brigadas y el balanceo del trabajo (quién hace qué en una actividad de grupo o en la línea de ensamble).
5. La producción esperada (para que el administrador y el trabajador sepan lo que constituye una jornada de trabajo justa).
6. Las bases para los planes salario-incentivos (qué otorga un incentivo razonable).
7. La eficiencia de empleados y supervisión (es necesario un estándar con el que se compara la eficiencia).

Existen estándares de mano de obra para operarios de teléfonos, mecánicos de automóviles y conductores de UPS, así como para muchos trabajadores de fábricas, como Tim Nelson (en la fotografía superior) de La-Z-Boy.

¹Adaptado de Jason Strait, “Sitting Down on the Job”, *San Antonio Express News* (21 de abril de 2001): B1.

Cuando los estándares de mano de obra son adecuados, representan la cantidad de tiempo que debe tomar al trabajador promedio realizar las actividades específicas de la tarea en condiciones normales. Existen cuatro técnicas para establecer los estándares de mano de obra:

1. Experiencia histórica
2. Estudios de tiempo
3. Tiempos estándar predeterminados
4. Muestreo del trabajo

En este suplemento se estudia cada una de estas técnicas.

EXPERIENCIA HISTÓRICA

Los estándares de mano de obra pueden estimarse con base en la *experiencia histórica*, es decir, cuántas horas de trabajo fueron necesarias para realizar una tarea la última vez que se hizo. Los estándares históricos tienen la ventaja de ser relativamente sencillos y es económico obtenerlos. Usualmente se extraen de las tarjetas de entrada y salida de los trabajadores o de los registros de producción. Sin embargo, no son objetivos, desconocemos su precisión, si representan un ritmo de trabajo razonable o deficiente o, si incluyen situaciones inusuales. Debido a que no se conocen estas variables su uso no es recomendable. En su lugar son preferibles los estudios de tiempos, los tiempos estándar predeterminados y el muestreo de trabajo.

ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio clásico con cronómetro, o estudio de tiempos, originalmente propuesto por Frederick W. Taylor en 1881, sigue siendo el método de estudio más común.² El procedimiento de un **estudio de tiempos** implica cronometrar una muestra del desempeño de un trabajador y usarlo para establecer un estándar. Cualquier persona capacitada y con experiencia puede establecer un estándar siguiendo estos ocho pasos:

1. Definir la tarea por estudiar (después de realizar un análisis de métodos).
2. Dividir la tarea en elementos precisos (partes de una tarea que con frecuencia no necesitan más que unos cuantos segundos).
3. Decidir cuántas veces se medirá la tarea (el número de ciclos o muestras necesarias).
4. Tomar el tiempo y registrar los tiempos elementales y las calificaciones del desempeño.
5. Calcular el tiempo del ciclo observado promedio. El **tiempo del ciclo observado promedio** es la media aritmética de los tiempos para *cada* elemento medido, ajustada para la influencia inusual para cada elemento).

$$\text{Tiempo del ciclo observado promedio} = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{suma de los tiempos registrados} \\ \text{para realizar cada elemento} \end{array} \right)}{\text{número de ciclos observados}} \quad (9-1)$$

6. Determinar la calificación del desempeño y después calcular el **tiempo normal** para cada elemento.

$$\text{Tiempo normal} = (\text{tiempo del ciclo observado promedio}) \times (\text{factor de calificación del desempeño}) \quad (9-2)$$

La calificación del desempeño ajusta el tiempo observado a lo que se espera que realice un trabajador normal. Por ejemplo, un trabajador normal debe poder caminar 3 millas en una hora. También debe repartir una baraja de 52 cartas en 4 pilas iguales en 30 segundos. Una calificación del desempeño de 1.05 indica que el trabajador observado ejecuta la tarea un poco *más rápido* que el promedio. Existen numerosos videos que especifican el ritmo de trabajo que han acordado los profesionales, y la Society for the Advancement of Management Performance ha establecido puntos de comparación para la calificación, sin embargo todavía es una tarea subjetiva.

7. Sumar los tiempos normales de cada elemento para determinar el tiempo normal de una tarea.
8. Calcular el **tiempo estándar**. Este ajuste al tiempo normal total agrega los suplementos para necesidades *personales*, *demoras* inevitables del trabajo y *fatiga* del trabajador:

$$\text{Tiempo estándar} = \frac{\text{tiempo normal total}}{1 - \text{factor de suplemento}} \quad (9-3)$$

²Para tener un panorama claro de la vida e influencia de Taylor, véase Robert Kanigel, *The One Best Way: Frederick Winslow Taylor and the Enigma of Efficiency* (Nueva York: Viking Press, 1997).

Estudio de tiempos

Tomar el tiempo a una muestra del desempeño de un trabajador y usarlo como base para establecer un tiempo estándar.

Tiempo del ciclo observado promedio

Media aritmética de los tiempos para cada elemento medido, ajustada para tomar en cuenta la influencia inusual en cada elemento.

Tiempo normal

Tiempo observado, ajustado a un ritmo.

Tiempo estándar

Ajuste al tiempo normal total; el ajuste establece los suplementos para necesidades personales, demoras inevitables del trabajo y fatiga.

| | | |
|--|--|-------|
| 1. Suplementos constantes: | (ii) Bastante inadecuada | .5 |
| (A) Suplemento de tiempo personal | (E) Condiciones atmosféricas (calor y humedad): | |
| (B) Suplemento por fatiga básica | Variable | .0–10 |
| 2. Suplementos variables: | (F) Mucha atención: | |
| (A) Suplemento por estar de pie | (i) Fino o preciso | .2 |
| (B) Suplementos por posición anormal: | (ii) Muy fino o muy preciso | .5 |
| (i) Incómodo (encorvado) | (G) Nivel de ruido: | |
| (ii) Muy incómodo (recostado, estirado). | (i) Intermitente—fuerte | .2 |
| (C) Uso de fuerza o trabajo muscular | (ii) Intermitente—muy fuerte o muy agudo | .5 |
| para levantar, empujar, jalar | (H) Tensión mental: | |
| Peso levantado (en libras): | (i) Complejo o atención a múltiples factores | .4 |
| 20 | (ii) Muy complejo | .8 |
| 40 | (I) Tedio: | |
| 60 | (i) Tedioso | .2 |
| (D) Mala iluminación: | (ii) Muy tedioso | .5 |
| (i) Mucho menor que la recomendada | | |

FIGURA 9.1 ■ Suplementos de descanso (en porcentaje) para varias clases de trabajo

Fuente: *Methods, Standards and Work Design*, 11a. ed., por B. W. Niebel y A. Freivalds (Irwin/McGraw-Hill, 2003).

Los suplementos de tiempo personal a menudo se establecen en un intervalo de 4 a 7% del tiempo total, dependiendo de la cercanía de baños, bebederos y otras instalaciones. Los suplementos por demora suelen ser el resultado de estudios de las demoras reales que ocurren. Los suplementos por fatiga se basan en el creciente conocimiento del gasto de energía humana en diversas condiciones físicas y ambientales. Un conjunto de muestras de suplementos personales y por fatiga se presenta en la figura 9.1. En el ejemplo 1 se ilustra el cálculo del tiempo estándar.

Ejemplo 1

El estudio de tiempos de una operación de trabajo dio un tiempo de ciclo promedio observado de 4.0 minutos. El analista calificó al trabajador observado en 85%. Eso significa que al realizar el estudio el desempeño del trabajador fue 85% de lo normal. La empresa usa un factor de suplemento de 13%. Se desea calcular el tiempo estándar.

SOLUCIÓN

Tiempo promedio observado = 4.0 minutos

$$\begin{aligned} \text{Tiempo normal} &= (\text{tiempo del ciclo observado promedio}) \times (\text{factor de calificación}) \\ &= (4.0)(.85) \\ &= 3.4 \text{ minutos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo estándar} &= \frac{\text{tiempo normal}}{1 - \text{factor de suplemento}} = \frac{3.4}{1 - .13} = \frac{3.4}{.87} \\ &= 3.9 \text{ minutos} \end{aligned}$$

En el ejemplo 2 se utiliza una serie de tiempos cronometrados reales para cada elemento.

Ejemplo 2

Management Science Associates promueve sus seminarios de desarrollo en administración a través de miles de cartas mecanografiadas individualmente que envía por correo a las compañías. La empresa realizó un estudio de tiempos de la tarea de elaborar las cartas que envía por correo. Management Science Associates quiere desarrollar el tiempo estándar para esta tarea, con base en las observaciones siguientes. El factor de suplemento personal, por demora y por fatiga de la empresa es 15%.

| ELEMENTO DE LA TAREA | CICLO OBSERVADO (EN MINUTOS) | | | | | CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO |
|---|------------------------------|----|----|-----|----|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| (A) Redactar y mecanografiar la carta | 8 | 10 | 9 | 21* | 11 | 120% |
| (B) Mecanografiar dirección en el sobre | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 105% |
| (C) Llenar el sobre, poner estampilla, sellar y clasificar los sobres | 2 | 1 | 5* | 2 | 1 | 110% |

Los estudios de tiempos y movimientos son herramientas efectivas para la administración de muchos trabajos de servicio, como la limpieza de una tina en el Sheraton, la renta de un carro en Hertz o la envoltura de un burrito en Taco Bell.

SOLUCIÓN

Una vez recolectados los datos, el procedimiento es:

1. Desechar las observaciones inusuales o no recurrentes, como las marcadas con un asterisco (*). (Éstas pueden deberse a interrupciones del negocio, reuniones con el jefe o errores de naturaleza poco usual; no son parte del elemento de la tarea, aunque pueden implicar tiempo personal o de demora.)
2. Calcular el tiempo de ciclo promedio para cada elemento del trabajo:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo promedio para A} &= \frac{8 + 10 + 9 + 11}{4} \\ &= 9.5 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo promedio para B} &= \frac{2 + 3 + 2 + 1 + 3}{5} \\ &= 2.2 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo promedio para C} &= \frac{2 + 1 + 2 + 1}{4} \\ &= 1.5 \text{ min.}\end{aligned}$$

3. Calcular el tiempo normal para cada elemento de la tarea:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal para A} &= (\text{tiempo observado promedio}) \times (\text{calificación}) \\ &= (9.5)(1.2) \\ &= 11.4 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal para B} &= (2.2)(1.05) \\ &= 2.31 \text{ min.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal para C} &= (1.5)(1.10) \\ &= 1.65 \text{ min.}\end{aligned}$$

Nota: Los tiempos normales se calculan para cada elemento debido a que el factor calificación llega a variar para cada uno, como ocurre en este caso.

4. Sumar los tiempos normales de cada elemento para encontrar el tiempo normal total (el tiempo normal para la tarea completa):

$$\begin{aligned}\text{Tiempo normal total} &= 11.40 + 2.31 + 1.65 \\ &= 15.36 \text{ min.}\end{aligned}$$

5. Calcular el tiempo estándar para la tarea:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo estándar} &= \frac{\text{tiempo normal total}}{1 - \text{factor de suplemento}} = \frac{15.36}{1 - .15} \\ &= 18.07 \text{ min}\end{aligned}$$

Por lo tanto, el tiempo estándar para esta tarea es 18.07 minutos.

Nota: Cuando los tiempos observados no son consistentes es necesario revisarlos. Los tiempos anormalmente cortos pueden deberse a un error de observación y casi siempre se descartan. Los tiempos anormalmente largos deben analizarse para identificar si también son errores. No obstante, a veces incluyen una actividad que ocurre rara vez, pero que es legítima para el elemento (como el ajuste de una máquina) o es un tiempo personal, de demora o por fatiga.

Es importante que antes de hacer el estudio se informe al trabajador que se va a observar, para evitar malentendidos o suspicacias.

Como el estudio de tiempos requiere un proceso de muestreo, es natural que surja la pregunta sobre el error de muestreo para el tiempo del ciclo observado promedio. En estadística, el error varía en relación inversa con el tamaño de la muestra. Entonces, con el fin de determinar cuántos ciclos deben cronometrarse, es necesario tomar en cuenta la variabilidad de cada elemento en el estudio.

Para determinar el tamaño de muestra adecuado, es necesario considerar tres aspectos:

1. Cuánta precisión se desea (por ejemplo, ¿es suficiente $\pm 5\%$ del tiempo de ciclo observado?).
2. Qué nivel de confianza se desea (por ejemplo, ¿es adecuado un valor z de 95% o se requiere 99%?).
3. Cuánta variación existe dentro de los elementos de la tarea (por ejemplo, si la variación es grande, será necesaria una muestra más grande).

Los hoteles Sleep Inn® demuestran al mundo que las grandes ganancias en productividad no sólo son posibles en la manufactura, sino también en la industria del servicio. Diseñados con la eficiencia de la mano de obra en mente, los hoteles Sleep Inn ocupan 13% menos personal que otros hoteles económicos similares. Sus características incluyen una lavandería prácticamente automatizada, duchas con esquinas redondeadas que eliminan la mugre acumulada en las esquinas y closets sin puertas que las recamareras tengan que abrir o cerrar.



Dadas estas tres variables, la fórmula para identificar el tamaño de la muestra adecuado es:

$$\text{Tamaño de muestra requerido} = n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}} \right)^2 \quad (9-4)$$

- donde
- h = nivel de precisión deseado como porcentaje del elemento de la tarea, expresado como decimal (5% = 0.05)
 - z = número de desviaciones estándar requeridas para el nivel de confianza deseado (90% de confianza = 1.65; para ver más valores z comunes, consulte la tabla S10.1 o el apéndice I)
 - s = desviación estándar de la muestra inicial
 - \bar{x} = media de la muestra inicial
 - n = tamaño de muestra requerido

TABLA 9.1 ■ Valores z comunes

| CONFIANZA DESEADA (%) | VALOR z (DESVIACIÓN ESTÁNDAR REQUERIDA PARA EL NIVEL DE CONFIANZA DESEADO) |
|-----------------------|---|
| 90.0 | 1.65 |
| 95.0 | 1.96 |
| 95.45 | 2.00 |
| 99.0 | 2.58 |
| 99.73 | 3.00 |

Lo anterior se ilustra en el ejemplo 3.

Ejemplo 3

A solicitud de Thomas W. Jones Manufacturing Co., usted deberá revisar el estándar de mano de obra que preparó el último analista. Su primera tarea consiste en determinar el tamaño correcto de la muestra. La precisión debe tener un margen de 5% y el nivel de confianza debe ser 95%. La desviación estándar de la muestra es 1.0 y la media 3.00.

SOLUCIÓN

$$h = .05 \quad \bar{x} = 3.00 \quad s = 1.0$$

$$z = 1.96 \text{ (de la tabla 9.1)}$$

$$n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}} \right)^2$$

$$n = \left(\frac{1.96 \times 1.0}{.05 \times 3} \right)^2 = 170.74 \approx 171$$

Por lo tanto, usted debe recomendar un tamaño de muestra de 171.

AO EN ACCIÓN

UPS: el envío más seguro en el negocio de mensajería

United Parcel Service (UPS) emplea 150,000 personas y entrega diariamente un promedio de 9 millones de paquetes en lugares en Estados Unidos y 180 países más. Para cumplir su promesa de "operar el mensajero más seguro en el negocio de la mensajería", UPS capacita sistemáticamente a sus conductores de entrega para que realicen su trabajo de la manera más eficiente.

Los ingenieros industriales de UPS han realizado estudios de tiempo de la ruta de cada conductor y cuentan con estándares para cada entrega, parada y recolección; registraron cada segundo del tiempo que implica un alto de semáforo, el tráfico, las desviaciones, tocar el timbre de la puerta, recorrer pasillos, subir escaleras y descansar para tomar café. Los estándares consideran incluso el tiempo para ir al baño. Luego introdujeron toda esta información en las computadoras de la compañía para obtener los estándares de tiempo para cada chofer, cada día.

Con el propósito de cumplir el objetivo de 200 entregas y recolecciones al día (comparadas con sólo 80 de Federal Express), los conductores de UPS deben seguir los procedimientos con exactitud. Cuando se acercan al lugar de la entrega, deben desabrochar sus cinturones de seguridad, tocar el claxon y apagar el motor. Con un solo movimiento deben poner el freno de mano y colocar la palanca de velocidades en primera. Después, deben bajar del camión con su tabla de notas bajo el brazo derecho y los paquetes en la mano izquierda. La llave del vehículo, con los dientes hacia arriba, está en su mano derecha. Caminan a la puerta del cliente a la velocidad prescrita de 3 pies por segundo y tocan en la puerta con la mano, para no perder segundos en buscar el timbre. Después de entregar el paquete, llenan los formatos necesarios mientras caminan al camión.

Los expertos en productividad describen a UPS como una de las compañías más eficientes que existen en la aplicación de estándares de mano de obra efectivos.

Fuentes: EBN (7 de mayo de 2001): 70 y Computerworld (21 de junio de 1999): 16.

Observemos ahora dos variaciones del ejemplo 3.

Primera, si h , la exactitud deseada, se expresa como la cantidad absoluta de error (por ejemplo, es aceptable 1 minuto de error), entonces se sustituye $h\bar{x}$, por e , y la fórmula apropiada es

$$n = \left(\frac{zs}{e} \right)^2 \quad (9-5)$$

donde e es la cantidad absoluta de error aceptable.

Segunda, en los casos en que s , desviación estándar de la muestra, no se proporciona (caso típico fuera del salón de clases), será necesario calcularla. La fórmula para hacerlo es la ecuación (9-6).

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{número en la muestra} - 1}} \quad (9-6)$$

donde x_i = valor de cada observación
 \bar{x} = media de las observaciones
 n = número de observaciones en la muestra

En el problema resuelto 9.3, se presenta un ejemplo de este cálculo.

Aun cuando los estudios de tiempos proporcionan la precisión necesaria para establecer estándares de mano de obra (consulte el recuadro *AO en acción* sobre UPS), tienen dos desventajas. Primero, requieren un equipo de analistas capacitados. Segundo, los estándares de mano de obra no pueden establecerse antes de que las tareas se realicen. Esto nos lleva a las dos técnicas de medición del trabajo alternativas que se analizan a continuación.

ESTÁNDARES DE TIEMPO PREDETERMINADOS

Además de la experiencia histórica y los estudios de tiempos, los estándares de producción se establecen mediante los tiempos estándar predeterminados. Los **estándares de tiempo predeterminados** dividen el trabajo manual en pequeños elementos básicos que ya cuentan con tiempos establecidos (con base en muestras muy grandes de trabajadores). Para estimar el tiempo de una tarea dada, se suman todos los factores de tiempo para cada elemento básico de dicha tarea. El desarrollo de un sistema global de tiempos estándar predeterminados sería demasiado costoso para cualquier empresa. En consecuencia, existen varios sistemas comerciales a nuestra disposición. El estándar de tiempo predeterminado más común es el de los *medición de tiempo de métodos* (MTM, *methods time measurement*), el cual es un producto de la MTM Association.³

³MTM en realidad es una familia de productos disponibles de la Methods Time Measurement Association. Por ejemplo, MTM-HC maneja la industria del cuidado de la salud. MTM-C maneja actividades de oficina, MTM-M se refiere a micromovimientos y MTM-V a tareas de talleres de producción intermitente, entre otros.

Estándares de tiempo predeterminados

División del trabajo manual en pequeños elementos básicos que cuentan con tiempos establecidos y ampliamente aceptados.

FIGURA 9.2 ■

Tabla de muestra de MTM para movimientos OBTENER y COLOCAR

Los valores de tiempo se expresan en TMU.
Fuente: Copyright por MTM Association for Standards and Research. Su reimpresión requiere la autorización de la MTM Association, 16-01 Broadway, Fair Lawn, NJ 07410.

| OBTENER y COLOCAR | | | INTERVALO DE DISTANCIA EN PULGADAS | <8 | >8 <20 | >20 <32 |
|-------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|-----|--------|---------|
| PESO | CONDICIONES PARA OBTENER | PRECISIÓN AL COLOCAR | CÓDIGO | 1 | 2 | 3 |
| <2 lb | FÁCIL | APROXIMADA | AA | 20 | 35 | 50 |
| | | HOLGADA | AB | 30 | 45 | 60 |
| | | ESTRECHA | AC | 40 | 55 | 70 |
| | DIFÍCIL | APROXIMADA | AD | 20 | 45 | 60 |
| | | HOLGADA | AE | 30 | 55 | 70 |
| | | ESTRECHA | AF | 40 | 65 | 80 |
| >2 lb <18 lb | MUY DIFÍCIL | APROXIMADA | AG | 40 | 65 | 80 |
| | APROXIMADA | APROXIMADA | AH | 25 | 45 | 55 |
| | | HOLGADA | AJ | 40 | 65 | 75 |
| ESTRECHA | | AK | 50 | 75 | 85 | |
| >18 lb <45 lb | APROXIMADA | APROXIMADA | AL | 90 | 106 | 115 |
| | | HOLGADA | AM | 95 | 120 | 130 |
| | | ESTRECHA | AN | 120 | 145 | 160 |

Therbligs

Elementos físicos básicos del movimiento.

Unidades de medición de tiempo (TMU)

Unidades para micromovimientos muy básicos donde 1 TMU = .0006 minutos o 100,000 TMU = 1 hora.

Los tiempos estándar predeterminados son fruto de los movimientos básicos denominados *therbligs*. El término *therblig* fue acuñado por Frank Gilbreth (*Gilbreth* deletreado al revés con *t* y *h* invertidas). Los *therbligs* incluyen actividades como seleccionar, tomar, posicionar, ensamblar, alcanzar, sostener, descansar e inspeccionar. Dichas actividades se conciben en términos de **unidades de medición de tiempo (TMU)**, cada una de las cuales es igual a sólo .00001 de hora, o .0006 de minuto. Los valores MTM para varios *therbligs* se especifican en tablas muy detalladas. La figura 9.2, por ejemplo, proporciona una serie de tiempos estándar para el movimiento OBTENER y COLOCAR. Para usar OBTENER y COLOCAR (el movimiento más complicado en el sistema MTM), se debe saber qué se “obtiene”, su peso aproximado y dónde y qué tan lejos se supone que se debe colocar.

El ejemplo 4 ilustra una aplicación de los tiempos estándar predeterminados para establecer estándares de mano de obra en los servicios.

Ejemplo 4

En el laboratorio de un hospital, verter una muestra de un tubo es una tarea repetitiva para la cual es posible desarrollar tiempos estándar usando los datos MTM de la figura 9.2. El tubo con la muestra se encuentra en una rejilla y los tubos centrifugados en una caja cercana. Un técnico obtiene de la rejilla el tubo con la muestra, lo destapa, obtiene el tubo centrifugado, vierte y coloca ambos tubos en la rejilla.

El primer elemento del trabajo implica obtener el tubo de la rejilla. Suponga que las condiciones para OBTENER y COLOCAR el tubo frente al técnico son

- Peso (menos de 2 libras)
- Condiciones para OBTENER (fácil)
- Precisión para COLOCAR (aproximada)
- Intervalo de distancia (de 8 a 20 pulgadas)

El elemento MTM para esta actividad es AA2 (como se ve en la figura 9.2). El resto de la tabla 9.2 se desarrolló a partir de tablas MTM similares. Como la mayor parte de los cálculos MTM son computarizados, el usuario sólo necesita seleccionar los códigos MTM adecuados, como AA2 en este ejemplo.

TABLA 9.2 ■ Análisis MTM-HC: Verter la muestra de un tubo

| DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO | ELEMENTO | TIEMPO |
|---|-----------|--------|
| Obtener el tubo de la rejilla | AA2 | 35 |
| Obtener tapón y colocarlo en el mostrador | AA2 | 35 |
| Obtener el tubo centrifugado y colocarlo en el tubo de la muestra | AD2 | 45 |
| Verter (3 segundos) | PT | 83 |
| Colocar tubos en rejilla (simo) | PC2 | 40 |
| | Total TMU | 238 |

.0006 × 238 = minutos estándar totales = .14

Una de las técnicas de los Gilbreth consistía en usar cámaras para registrar el movimiento a través de luces adheridas a los brazos y piernas de un individuo. De esta forma, pudieron seguir los movimientos de las personas mientras realizaban varias tareas.

Fuente: A. S. Helms, B. W. Shaw y C. A. Lindner, “The Development of Laboratory Workload Standards through Computer-Based Work Measurement Technique, Part I”, *Journal of Methods-Time Measurement* 12: 43. Usado con autorización de MTM Association for Standards and Research.

Algunas empresas utilizan una combinación de estudios con cronómetro y estándares de tiempo predeterminados cuando tienen un interés particular en verificar los resultados.

Los estándares de tiempo predeterminados tienen diversas ventajas sobre los estudios de tiempos. Primero, pueden establecerse en un ambiente de laboratorio sin que el procedimiento interfiera con las actividades reales de producción (lo cual tiende a suceder con los estudios de tiempos). Segundo, como los estándares pueden establecerse *antes* de realizar la tarea real, es posible usarlos para planear. Tercero, no es necesario calificar el desempeño. Cuarto, los sindicatos tienden a aceptar este método como un medio justo para establecer estándares. Por último, los tiempos estándar predeterminados son particularmente efectivos en las empresas que realizan numerosos estudios de tareas similares. Con el fin de asegurar la precisión de los estándares de mano de obra, algunas empresas utilizan tanto los estudios de tiempos como los estándares de tiempo predeterminados.

MUESTREO DEL TRABAJO

Muestreo del trabajo

Estimación, a través del muestreo, del porcentaje de tiempo que un trabajador dedica las diferentes tareas.

El cuarto método para desarrollar estándares de producción o de mano de obra, denominado muestreo del trabajo, fue desarrollado en Inglaterra por L. Tippett en la década de 1930. El **muestreo del trabajo** permite estimar el porcentaje del tiempo que un trabajador dedica a las distintas tareas. Requiere observaciones aleatorias para registrar la actividad que está realizando un trabajador. El método se emplea principalmente para determinar la forma en que los trabajadores asignan su tiempo entre varias actividades. El conocimiento de esta asignación quizá lleve a cambios de personal, reasignación de tareas, estimación del costo de la actividad y el establecimiento de suplementos por demora en los estándares de mano de obra. Cuando el muestreo del trabajo se realiza para establecer suplementos por demora, a veces recibe el nombre de estudio de la tasa de demora.

El procedimiento para el muestreo del trabajo se resume en cinco pasos:

1. Tomar una muestra preliminar para obtener una estimación del valor del parámetro (como el porcentaje de tiempo que el empleado está ocupado).
2. Calcular el tamaño de muestra requerido.
3. Preparar el programa para observar al trabajador en los tiempos adecuados. El concepto de números aleatorios se usa para proporcionar la observación aleatoria. Por ejemplo, digamos que se obtienen los siguientes 5 números aleatorios de una tabla: 07, 12, 22, 25 y 49. Éstos servirán para elaborar un programa de observación a las 9:07, 9:12, 9:22, 9:25, 9:49 A.M.
4. Observar y registrar las actividades del trabajador.
5. Determinar cómo usan su tiempo los trabajadores (casi siempre como porcentaje).

La comercializadora por catálogo Land's End espera que sus representantes de ventas estén ocupados 85% del tiempo y ociosos 15%. Cuando la tasa de ocupación llega a 90%, la empresa considera que no está cumpliendo su meta de alta calidad en el servicio.

Para determinar el número de observaciones requerido, la administración debe decidir qué nivel de confianza y precisión desea. No obstante, el analista debe antes seleccionar un valor preliminar del parámetro en estudio (paso 1). En general, esta elección se basa en una muestra pequeña tal vez de 50



Para reducir el costo del muestreo del trabajo, Kinemark, una empresa en Parsippany, Nueva Jersey, desarrolló esta pequeña computadora con opciones para 48 tareas cotidianas de oficina. Cada vez que el operario concluye una tarea, oprime una tecla determinada. Después de una semana de este tipo de reportes, la empresa observa un panorama bastante completo de lo que está sucediendo.

observaciones. La siguiente fórmula da el tamaño de la muestra para los niveles de confianza y exactitud dados:

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{h^2} \quad (9-7)$$

donde n = tamaño de muestra requerido
 z = desviación normal estándar para el nivel de confianza deseado
 ($z = 1$ para 68% de confianza, $z = 2$ para 95.45% de confianza y $z = 3$ para 99.73% de confianza; estos valores se obtienen de la tabla 9.1)
 p = valor estimado de la proporción de la muestra (del tiempo que se observa al trabajador ocupado u ocioso)
 h = nivel de error aceptable, en porcentaje

El ejemplo 5 ilustra cómo aplicar esta fórmula.

Ejemplo 5

La administradora de la oficina de asistencia social del condado de Wilson, Madeline Thimmes, estima que sus empleados están ociosos 25% del tiempo. Le gustaría hacer un muestreo del trabajo con 3% de exactitud y 95.45% de confianza en los resultados.

SOLUCIÓN

Con el propósito de determinar cuántas observaciones deben realizarse, Madeline aplica la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{h^2}$$

donde n = tamaño requerido de la muestra
 z = para 95.45% de nivel de confianza
 p = estimación de la proporción del tiempo ocioso = 25% = .25
 h = error aceptable de 3% = .03

Madeline encuentra que

$$n = \frac{(2)^2 (.25)(.75)}{(.03)^2} = 833 \text{ observaciones}$$

Así, deben realizarse 833 observaciones. Si el porcentaje de tiempo ocioso no se acerca a 25% al avanzar el estudio, entonces el número de observaciones debe calcularse de nuevo y aumentarse o disminuirse hasta que sea apropiado.

El muestreo del trabajo tiene como propósito determinar la forma en que los trabajadores distribuyen su tiempo entre varias actividades. Esto se logra estableciendo el porcentaje de tiempo que las personas dedican a estas actividades en lugar del tiempo exacto que toman las tareas específicas. El análisis simplemente registra la ocurrencia de cada actividad en forma aleatoria y sin sesgos. El ejemplo 6 presenta el procedimiento para evaluar a los empleados de la oficina de asistencia social introducida en el ejemplo 5.

Ejemplo 6

Madeline Thimmes, administradora de operaciones de la oficina de asistencia social del condado de Wilson, quiere asegurarse de que sus empleados cuenten con el tiempo conveniente para brindar un servicio útil y oportuno. Ella considera que el servicio de asistencia que se presta a los clientes que llaman por teléfono o llegan sin cita se deteriora con rapidez cuando la ocupación de los empleados es mayor que 75% del tiempo. En consecuencia, no desea que sus empleados estén ocupados en las actividades de servicio al cliente más de 75% del tiempo.

El estudio requiere varias cuestiones: primero, según el cálculo del ejemplo 5, se necesitan 833 observaciones. Segundo, las observaciones deben ser aleatorias, sin sesgo y en un periodo de 2 semanas. Tercero, el analista debe definir las actividades que forman parte del "trabajo". En este caso, el trabajo se define como todas las actividades necesarias para atender al cliente (archivar, juntas, captura de datos, acuerdos con el supervisor, etcétera). Cuarto, el tiempo personal debe incluirse en el 25% del tiempo que no es de trabajo. Quinto, las observaciones no

deben distraer ni distorsionar los patrones normales de trabajo. Después de dos semanas, los resultados de las 833 observaciones fueron:

| NÚM. DE OBSERVACIONES | ACTIVIDAD |
|-----------------------|---|
| 485 | En el teléfono o atendiendo a un cliente de asistencia social |
| 126 | Tiempo ocioso |
| 62 | Tiempo personal |
| 23 | Acuerdos con el supervisor |
| <u>137</u> | Archivo, juntas o captura de datos en la computadora |
| 833 | |

El analista concluye que todas se relacionan con el trabajo, excepto 188 observaciones (126 de ocio y 62 de tiempos personales). Puesto que $22.6\% (= 188/833)$ significa menos tiempo ocioso del que Madeline considera necesario para asegurar un alto nivel de servicio al cliente, necesita encontrar la forma de disminuir la carga de trabajo actual. Esto se realiza mediante la reasignación de tareas o la contratación de más personal.

La figura 9.3 ilustra los resultados de estudios similares de empleados de ventas y trabajadores de línea de ensamble.

El muestreo del trabajo ofrece varias ventajas sobre los métodos de estudio de tiempos. Primero, cuesta menos porque un solo individuo puede observar en forma simultánea a varios trabajadores. Segundo, en general los observadores no requieren mucha capacitación, ni necesitan dispositivos especiales para tomar tiempos. Tercero, el estudio se pospondría en cualquier momento con un impacto muy pequeño en los resultados. Cuarto, debido a que el muestreo del trabajo usa observaciones instantáneas durante un periodo largo, el trabajador tiene poca oportunidad de influir en los resultados del estudio. Quinto, como la interferencia del procedimiento es menor, tiende a generar menos objeciones.

Las desventajas del muestreo del trabajo son **1.** el trabajo no se divide en elementos de forma tan completa como en los estudios de tiempos; **2.** se pueden obtener resultados sesgados o incorrectos si el observador no sigue rutas aleatorias de viaje y observación, y **3.** como interfieren menos, tiende a ser menos exacto; esto es más evidente cuando los tiempos de ciclo son cortos.

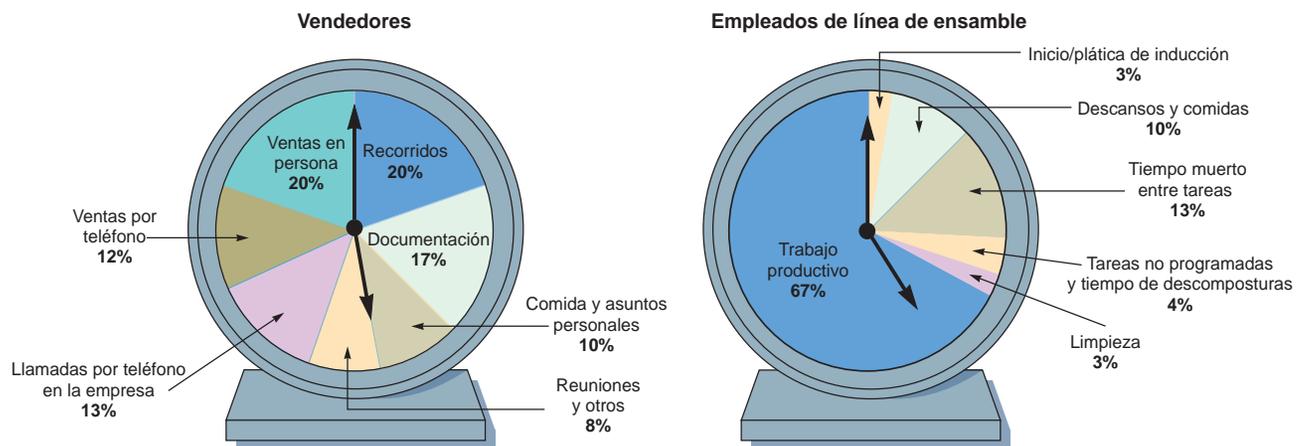


FIGURA 9.3 ■ Estudios de tiempos con muestreo del trabajo

Estos dos estudios de tiempos con muestreo del trabajo se realizaron para determinar lo que hacía el personal de ventas de un distribuidor de productos electrónicos (izquierda) y una composición de trabajadores de varias líneas de ensamble de automóviles (derecha).

Fuente: "Memo Busters" por J. H. Hayes en *Forbes*, 24 de abril de 1995. Reimpreso con autorización de *Forbes Magazine* © 1995 Forbes.

RESUMEN

Los estándares de mano de obra son indispensables en un sistema de operaciones eficiente. Son necesarios para planear la producción y la mano de obra, para estimar los costos y evaluar el desempeño. También sirven como base para los sistemas de incentivos y se usan tanto en fábricas como en oficinas. Los estándares se establecen usando datos históricos, estudios de tiempos, estándares de tiempo predeterminados y muestreo del trabajo.

TÉRMINOS CLAVE

Estudio de tiempos
Tiempo del ciclo observado promedio
Tiempo normal
Tiempo estándar

Estándares de tiempo predeterminados
Therbligs
Unidades de medición de tiempo (TMU)
Muestreo del trabajo

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 9.1

Una operación de trabajo que consiste en tres elementos se sometió a un estudio de tiempos con cronómetro. Las observaciones registradas se

dan en la siguiente tabla. Según el contrato con el sindicato, los suplementos para la operación son: por tiempo personal 5%, por retraso 5% y por fatiga 10%. Determine el tiempo estándar para la operación de trabajo.

| ELEMENTO DE LA TAREA | OBSERVACIONES (EN MINUTOS) | | | | | | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) |
|----------------------|----------------------------|----|----|----|-----|----|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| A | .1 | .3 | .2 | .9 | .2 | .1 | 90 |
| B | .8 | .6 | .8 | .5 | 3.2 | .7 | 110 |
| C | .5 | .5 | .4 | .5 | .6 | .5 | 80 |

SOLUCIÓN

Primero, elimine las dos observaciones que parecen inusuales (.9 minutos para el elemento A y 3.2 minutos para el elemento B de la tarea). Entonces:

$$\text{Tiempo del ciclo observado promedio de A} = \frac{.1 + .3 + .2 + .2 + .1}{5} = .18 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo del ciclo observado promedio de B} = \frac{.8 + .6 + .8 + .5 + .7}{5} = .68 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo del ciclo observado promedio de C} = \frac{.5 + .5 + .4 + .5 + .6 + .5}{6} = .50 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal de A} = (.18)(.90) = .16 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal de B} = (.68)(1.10) = .75 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal de C} = (.50)(.80) = .40 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo normal para la tarea} = .16 + .75 + .40 = 1.31 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo estándar} = \frac{1.31}{1 - .20} = 1.64 \text{ min.}$$

Problema resuelto 9.2

El muestreo del trabajo preliminar para una operación indica:

| | |
|---|-----|
| Número de veces que el operario trabaja | 60 |
| Número de veces que el operario está ocioso | 40 |
| Número total de observaciones preliminares | 100 |

¿Cuál es el tamaño requerido de la muestra para un nivel de confianza de 99.73% con una exactitud de $\pm 4\%$?

SOLUCIÓN

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{h^2} = \frac{(3)^2 (.6)(.4)}{(.04)^2} = 1,350 \text{ tamaño de la muestra}$$

Problema resuelto 9.3

Amor Manufacturing Co. de Ginebra, Suiza, estudió recientemente una tarea en su laboratorio anticipándose a la liberación de esa tarea a la planta para producción. La empresa quiere estimar los costos y pronosticar la mano de obra con bastante precisión. Específicamente, desea un nivel de confianza de 99% y un tiempo del ciclo dentro del 3% del valor verdadero. ¿Cuántas observaciones debe realizar? Los datos recolectados hasta el momento son:

| OBSERVACIÓN | TIEMPO |
|-------------|--------|
| 1 | 1.7 |
| 2 | 1.6 |
| 3 | 1.4 |
| 4 | 1.4 |
| 5 | 1.4 |

SOLUCIÓN

Primero, despeje la media, \bar{x} , y la desviación estándar de la muestra, s .

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\text{cada observación de la muestra} - \bar{x})^2}{\text{número en la muestra} - 1}}$$

| OBSERVACIÓN | \bar{x}_i | \bar{x} | $x_i - \bar{x}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|-------------|-----------------|-----------|-----------------|--------------------------------|
| 1 | 1.7 | 1.5 | .2 | 0.04 |
| 2 | 1.6 | 1.5 | .1 | 0.01 |
| 3 | 1.4 | 1.5 | -.1 | 0.01 |
| 4 | 1.4 | 1.5 | -.1 | 0.01 |
| 5 | 1.4 | 1.5 | -.1 | 0.01 |
| | $\bar{x} = 1.5$ | | | $0.08 = \sum(x_i - \bar{x})^2$ |

$$s = \sqrt{\frac{.08}{n-1}} = \sqrt{\frac{.08}{4}} = .141$$

$$\text{Después, despeje } n = \left(\frac{zs}{h\bar{x}}\right)^2 = \left[\frac{(2.58)(.141)}{(.03)(1.5)}\right]^2 = 65.3$$

donde $\bar{x} = 1.5$
 $s = .141$
 $z = 2.58$
 $h = .03$

Por lo tanto, su recomendación es obtener 65 observaciones.

Problema resuelto 9.4

En Maggard Micro Manufacturing, Inc., los trabajadores presionan semiconductores dentro de ranuras perforadas previamente en las tarjetas de circuitos impresos. Los movimientos elementales para el tiempo normal que usa la compañía son los siguientes:

| | |
|---|----------|
| Alcanzar a 6 pulg los semiconductores | 10.5 TMU |
| Agarrar el semiconductor | 8.0 TMU |
| Acercar el semiconductor a la tarjeta de circuito impreso | 9.5 TMU |
| Posicionar el semiconductor | 20.1 TMU |
| Presionar el semiconductor en la ranura | 20.3 TMU |
| Hacer a un lado la tarjeta | 15.8 TMU |

(Cada unidad de medida de tiempo es igual a .0006 minutos). Determine el tiempo normal para esta operación en minutos y segundos.

SOLUCIÓN

Sume las unidades de medida de tiempo

$$10.5 + 8.0 + 9.5 + 20.1 + 20.3 + 15.8 = 84.2$$

$$\text{Tiempo en minutos} = (84.2)(.0006 \text{ min.}) = .05052 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo en segundos} = (.05052)(60 \text{ s}) = 3.0312 \text{ s}$$

Problema resuelto 9.5

Para obtener las muestras aleatorias necesarias para el muestreo del trabajo, un gerente divide un día de trabajo típico en 480 minutos. Usando una tabla de números aleatorios para decidir a qué hora visitar un área, con la finalidad de realizar el muestreo de los eventos de trabajo, el gerente anota las observaciones en una hoja de registro como la siguiente:

| ESTADO | REGISTRO |
|-------------------------------|----------|
| Trabajando de modo productivo | |
| Idle | |

SOLUCIÓN

En este caso el supervisor realizó 20 observaciones y encontró que los empleados estaban trabajando 80% del tiempo. Por lo tanto, de los 480 minutos en una jornada de trabajo de oficina, 20%, o 96 minutos, fue tiempo ocioso, y 384 minutos fueron productivos. Observe que este procedimiento describe lo que el trabajador *está haciendo algo*, no necesariamente lo que *debe hacer*.

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo en el material de este suplemento.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

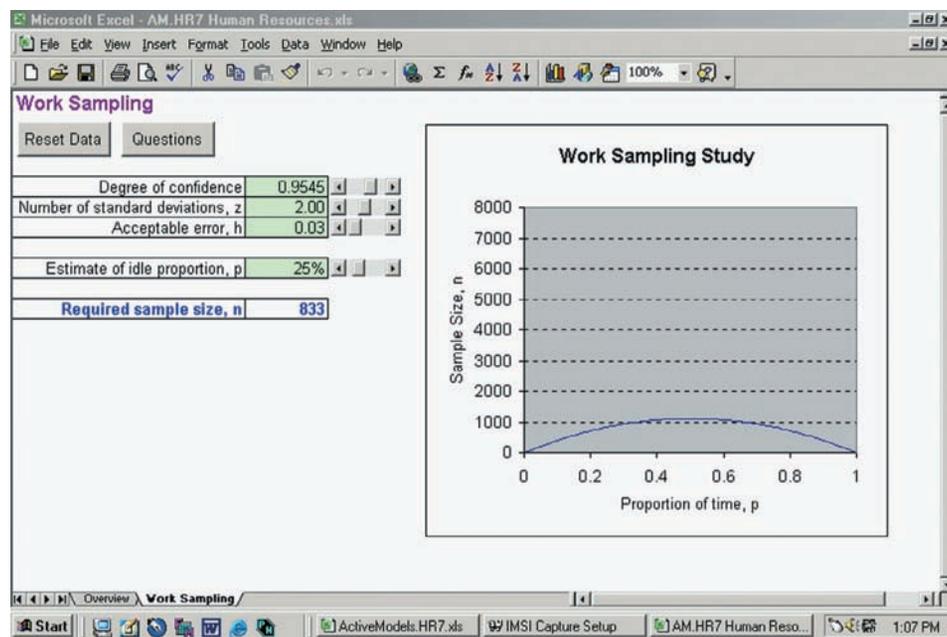
- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Problemas de tarea en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

- Identifique cuatro formas diferentes de establecer estándares de mano de obra.
- Defina tiempo normal.
- ¿Cuáles son algunos de los usos para los que se establecen los estándares de mano de obra?
- Como nuevo ingeniero de estudio de tiempos, usted se ha comprometido a estudiar a un empleado que opera un taladro. Una de las primeras cuestiones que observa con cierta sorpresa es que el operario realiza muchas operaciones además de perforar. Su problema es decidir qué incluir en el estudio de tiempos. Como responsable de los estándares de mano de obra en su planta, indique cómo manejaría usted los siguientes ejemplos.
 - Con cierta frecuencia, cada 50 unidades más o menos, el operario del taladro observa con detenimiento una pieza cuya forma parece defectuosa y después la arroja en el barril de desperdicios.
 - Aproximadamente 1 de 100 unidades tiene un canto burdo que no se ajusta bien al dispositivo; entonces, el operario toma la pieza, pasa la lima por la orilla derecha inferior varias veces, pone la lima en su lugar y reanuda la operación normal.
 - Cada hora más o menos, el operario del taladro se detiene para cambiar el uso de la máquina, aun cuando esté a la mitad de una actividad. (Podemos suponer que el barreno ha perdido filo).
- ¿Cuál es la diferencia entre tiempo "normal" y tiempo "estándar"?
- ¿Qué tipo de cambio en el ritmo de trabajo se esperaría de un empleado durante un estudio de tiempos? ¿Por qué?
- ¿Cómo clasificaría los siguientes elementos del trabajo? ¿Son fatiga personal o demoras?
 - El operario se detiene para hablar con usted.
 - El operario enciende un cigarrillo.
 - El operario abre su lonchera (no es hora de comida), toma una manzana y de vez en cuando le da una mordida.
- ¿Cómo clasificaría el tiempo de un operario de taladro que está ocioso durante unos minutos al comenzar cada trabajo, en espera de que el encargado de la preparación termine? Parte del tiempo de preparación se aprovecha para ir por materiales, pero el operario casi siempre regresa con los materiales antes de que el encargado de la preparación termine su trabajo.
- ¿Cómo clasificaría el tiempo para el operario de una máquina que, entre un trabajo y otro, y a veces en medio del trabajo, apaga la máquina para ir por materiales?
- El operario tira una pieza, usted la levanta y se la entrega en su propia mano. ¿Su acción modifica el estudio de tiempos? En caso afirmativo ¿cómo lo modifica?
- Describa el enfoque de Gilbreth en el establecimiento de estándares de mano de obra.

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este modelo activo de muestreo del trabajo usa los datos del ejemplo 5 para desplegar el tamaño de muestra requerido como una función de la proporción del tiempo dedicado a una actividad de trabajo. Las barras de desplazamiento permiten modificar el nivel de confianza o el número de desviaciones estándar. De otra manera, puede cambiar el grado de error aceptable, h , con el propósito de descubrir los efectos de esta variable sobre el tamaño de la muestra.



MODELO ACTIVO 9.1 ■

Análisis de muestreo del trabajo con los datos del ejemplo 5

Preguntas

- Arrastre el ratón sobre la gráfica para determinar cuál debe ser el tamaño de la muestra si $p = 30\%$.
- Con base en la gráfica, ¿qué valor de p necesita el tamaño de muestra más grande?
- Use la barra de desplazamiento para determinar qué ocurre con el tamaño de la muestra cuando aumenta el número de desviaciones estándar, z .
- Use la barra de desplazamiento para determinar qué pasa con el tamaño de la muestra cuando aumenta el error aceptable, h .

 **PROBLEMAS***

- 9.1 Un empleado de una línea de ensamble tiene los siguientes tiempos, en segundos, para engomar y pegar tres partes independientes: 35, 33, 37, 34, 37, 56. ¿Qué haría si quisiera determinar el tiempo estándar para esta operación?
- P** · 9.2 Si los tiempos de un trabajador son 8.4, 8.6, 8.3, 8.5, 8.7, 8.5 y su calificación del desempeño es 110%, ¿cuál es el tiempo normal para esta operación? ¿El trabajador se desempeña más rápido o más lento que lo normal?
- P** · 9.3 Si el trabajador del problema 9.2 tuviera una calificación de desempeño de 90%, ¿cuál es el tiempo normal para la operación? ¿El trabajador es más rápido o más lento que lo normal?
- P** · 9.4 Retome el problema 9.2. Si el factor de suplemento es 15% ¿cuál es el tiempo estándar para esta operación?
- P** · 9.5 Regrese al problema 9.2. Si el factor de suplemento es 18% y la calificación del desempeño es ahora 90%, ¿cuál es el tiempo estándar para esta operación?
- P** · 9.6 David Carhart, agente de sala de salida de Northeast Airline, asigna los asientos a los pasajeros con boleto. Tarda un promedio de 50 segundos por pasajero y su desempeño está calificado en 110%. ¿Cuánto tiempo debe esperarse que tarde un agente promedio en la asignación de asientos?
- P** · 9.7 Después de ser observada muchas veces, Marilyn Jones, una analista de laboratorio, tiene un tiempo del ciclo promedio de 12 minutos en las pruebas de sangre. La calificación del desempeño de Marilyn es 105%. El hospital asigna un suplemento por demora y fatiga personal de 16%.
 - a) Encuentre el tiempo normal para este proceso.
 - b) Encuentre el tiempo estándar para esta prueba de sangre.
- P** · 9.8 Jell Lee Beans es una empresa famosa por sus dulces que se venden por caja principalmente a empresas. Alrededor de 30% de los dulces se envuelven para regalo. Un operario tiene los siguientes tiempos observados, en minutos, para la envoltura de regalos: 2.2, 2.6, 2.3, 2.5, 2.4. Si el desempeño del operario se califica en 105% y el factor de suplemento es 10%, ¿cuál es el tiempo estándar para la envoltura de regalos?
- P** · 9.9 Después de la capacitación, Shirley Benton, técnica en computadoras, tiene un tiempo del ciclo promedio de 12 segundos para la prueba de los chips de memoria. La calificación del desempeño de Shirley es 100%. El suplemento por fatiga personal y demora de la empresa es 15%.
 - a) Encuentre el tiempo normal para este proceso.
 - b) Encuentre el tiempo estándar para este proceso.
- P** · 9.10 Lissa Galbraith cronometró un tiempo de ciclo de 5.3 minutos, para la soldadura de una parte en las puertas de un camión. La calificación del desempeño de la trabajadora cronometrada se estimó en 105%. Encuentre el tiempo normal para esta operación.
Nota: de acuerdo con el contrato del sindicato local, cada soldador tiene un suplemento de 3 minutos de tiempo personal cada hora y 2 minutos de tiempo por fatiga cada hora. Además, debe contemplarse, en promedio, un suplemento de demora de 1 minuto por hora. Calcule el factor permiso y después encuentre el tiempo estándar para la actividad de soldar.
- P** · 9.11 El tiempo normal cronometrado para una tarea dada es 25 minutos. Si los suplementos son, para tiempo personal, 5 minutos por hora; por fatiga, 10 minutos por hora; y por demoras, 2 minutos por hora para la preparación de la instalación, entonces:
 - a) ¿cuál es el factor de suplemento?
 - b) ¿cuál es el tiempo estándar?
- P** · 9.12 Un estudio de tiempos en la compañía de teléfonos observó una tarea con tres elementos. Los tiempos y calificaciones para 10 ciclos se muestran en la siguiente tabla.

| ELEMENTO | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) | OBSERVACIONES (MINUTOS) | | | | | | | | | |
|----------|--------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 85 | .40 | .45 | .39 | .48 | .41 | .50 | .45 | .39 | .50 | .40 |
| 2 | 88 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 1.7 | 1.8 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 2.1 |
| 3 | 90 | 3.8 | 3.4 | 3.0 | 4.8 | 4.0 | 4.2 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 4.3 |

- a) Encuentre el tiempo promedio observado para cada elemento.
- b) Determine el tiempo normal para cada elemento.
- c) Suponga un factor de suplemento de 20% del tiempo de la tarea y determine el tiempo estándar.

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows;  que el problema se resuelve con Excel OM; y  que se resuelve con POM para Windows o Excel OM.

- P : 9.13** Se observó cinco veces a la encargada de limpieza de un hotel en cada uno de los cuatro elementos del trabajo que se muestran en la tabla. Con base en estas observaciones, encuentre el tiempo estándar para el proceso. Suponga un factor de suplemento de 10%.

| ELEMENTO | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) | OBSERVACIONES (MINUTOS POR CICLO) | | | | |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Revisar el minibar | 100 | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.5 |
| Tender una cama | 90 | 2.3 | 2.5 | 2.1 | 2.2 | 2.4 |
| Aspirar el piso | 120 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 1.4 | 1.6 |
| Limpiar el baño | 100 | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.2 |

- P : 9.14** La División de Educación Continua en Virginia College promueve una amplia variedad de cursos de capacitación para ejecutivos entre las empresas de la región de Arlington, Virginia. La directora de la División, Marilyn Helms, considera que las cartas mecanografiadas en forma individual dan un toque personal a las actividades de marketing. Marilyn lleva a cabo un estudio de sus secretarías al preparar las cartas que envían por correo y desea saber el tiempo estándar para todo el trabajo, basado en las observaciones que se muestran en la tabla.

El factor suplemento que maneja la universidad es 12%. Helms decide descartar las observaciones anormales del estudio de tiempos. ¿Cuál es el tiempo estándar?

| ELEMENTO | OBSERVACIONES (MINUTOS) | | | | | | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) |
|-------------------------|-------------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Mecanografiar carta | 2.5 | 3.5 | 2.8 | 2.1 | 2.6 | 3.3 | 85 |
| Mecanografiar sobre | .8 | .8 | .6 | .8 | 3.1 ^a | .7 | 100 |
| Llenar el sobre | .4 | .5 | 1.9 ^a | .3 | .6 | .5 | 95 |
| Sellado y clasificación | 1.0 | 2.9 | .9 | 1.0 | 4.4 | .9 | 125 |

^aIgnorar: la secretaria se detuvo para contestar el teléfono.

- P : 9.15** Los resultados de un estudio de tiempos para realizar una prueba de control de calidad se muestran en la tabla. Con base en estas observaciones, determine el tiempo estándar y el tiempo normal para esta prueba, suponiendo un factor de suplemento de 23%.

| ELEMENTO DE LA TAREA | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) | OBSERVACIONES (MINUTOS) | | | | |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------|-----|-----|------------------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 97 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.5 |
| 2 | 105 | .6 | .4 | .7 | 3.7 ^a | .5 |
| 3 | 86 | .5 | .4 | .6 | .4 | .4 |
| 4 | 90 | .6 | .8 | .7 | .6 | .7 |

^aIgnorar: el empleado fuma un cigarro (incluido en el tiempo personal).

- a) ¿Cuál es el tiempo normal?
b) ¿Cuál es el tiempo estándar?
- P : 9.16** Se cronometraron cuatro elementos del trabajo que realiza Peter Billington, encargado de tramitar préstamos. Los resultados se muestran en la tabla siguiente y los suplementos para las tareas como éstas son: personales, 7%; por fatiga, 10%, y por demora, 3%.

| ELEMENTO DE LA TAREA | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) | OBSERVACIONES (MINUTOS) | | | | |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 110 | .5 | .4 | .6 | .4 | .4 |
| 2 | 95 | .6 | .8 | .7 | .6 | .7 |
| 3 | 90 | .6 | .4 | .7 | .5 | .5 |
| 4 | 85 | 1.5 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.5 |

- a) ¿Cuál es el tiempo normal?
b) ¿Cuál es el tiempo estándar?
- P : 9.17** Cada año Lord & Taylor, Ltd. instala un módulo de envoltura de regalos para ayudar a sus clientes en las compras navideñas. Las observaciones preliminares de un trabajador en el módulo produjeron la siguiente muestra de tiempos (en minutos por paquete): 3.5, 3.2, 4.1, 3.9. Con base en esta pequeña muestra, ¿qué número de observaciones serán necesarias para determinar el tiempo del ciclo verdadero con 95% de nivel de confianza y 5% de exactitud?

P : 9.18 Un estudio de tiempos del trabajador de una fábrica reveló un tiempo promedio observado de 3.20 minutos, con una desviación estándar de 1.28 minutos. Estas cifras se basan en una muestra de 45 ciclos observados. ¿Es adecuado el tamaño de esta muestra para que la empresa tenga 99% de confianza de que el tiempo estándar está dentro del 5% del valor verdadero? Si no, ¿cuál es el número de observaciones adecuado?

P : 9.19 Un analista realizó 50 observaciones con un tiempo promedio de 15 minutos y una desviación estándar de 2.5 minutos. ¿Es suficiente el número de observaciones para concluir con 99.5% de confianza que el tiempo estándar está dentro del 5% de su valor verdadero?

P : 9.20 Las observaciones del cuidadoso estudio del trabajo realizado en Singhal Company se presentan en la siguiente tabla:

| ELEMENTO | OBSERVACIONES (MINUTOS) | | | | | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) |
|-------------------------------|-------------------------|----|-----------------|----|-----------------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Preparar los informes diarios | 35 | 40 | 33 | 42 | 39 | 120 |
| Fotocopiar resultados | 12 | 10 | 36 ^a | 15 | 13 | 110 |
| Etiquetar y empacar informes | 3 | 3 | 5 | 5 | 4 | 90 |
| Distribuir informes | 15 | 18 | 21 | 17 | 45 ^b | 85 |

^aFotocopiadora descompuesta, incluida en el factor de suplemento como demora.

^bInterrupción de la luz, incluida en el factor de suplemento como demora.

- a) Calcule el tiempo normal para cada elemento del trabajo.
- b) Si el suplemento para este tipo de trabajo es 15%, ¿cuál es el tiempo estándar?
- c) ¿Cuántas observaciones se necesitan para un nivel de confianza de 95%, con un margen de exactitud de 5%? (*Sugerencia:* calcule el tamaño de la muestra para cada elemento).

P : 9.21 Dubuque Cement Company empaca sacos de 80 libras de mezcla para concreto. Los datos de la actividad para el llenado de sacos se muestran en la tabla. Puesto que el trabajo exige un gran esfuerzo físico, la política de la compañía es dar un suplemento de 23% a los trabajadores. Calcule el tiempo estándar para la tarea de llenado de sacos. ¿Cuántos ciclos son necesarios para una confianza de 99% con un margen de exactitud de 5%?

| ELEMENTO | OBSERVACIONES (SEGUNDOS) | | | | | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) |
|---|--------------------------|----|----|-----------------|------------------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Agarrar y colocar el saco | 8 | 9 | 8 | 11 | 7 | 110 |
| Llenar el saco | 36 | 41 | 39 | 35 | 112 ^a | 85 |
| Sellar el saco | 15 | 17 | 13 | 20 | 18 | 105 |
| Colocar el saco en banda transportadora | 8 | 6 | 9 | 30 ^b | 35 ^b | 90 |

^aUn saco se rompió y abrió; incluido en el factor de suplemento como demora.

^bLa banda transportadora se atasca; incluido en el factor de suplemento como demora.

P : 9.22 La instalación de escapes en Stanley Garage en Golden, Colorado, implica cinco elementos del trabajo. Linda Stanley ha medido siete veces el tiempo que tardan los trabajadores en estas tareas; los resultados se muestran en la tabla.

| ELEMENTO DEL TRABAJO | OBSERVACIONES (MINUTOS) | | | | | | | CALIFICACIÓN DEL DESEMPEÑO (%) |
|------------------------------------|-------------------------|----|-----------------|----|----|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1. Seleccionar escape correcto | 4 | 5 | 4 | 6 | 4 | 15 ^a | 4 | 110 |
| 2. Quitar el escape anterior | 6 | 8 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 90 |
| 3. Soldar/instalar el nuevo escape | 15 | 14 | 14 | 12 | 15 | 16 | 13 | 105 |
| 4. Revisar/inspeccionar el trabajo | 3 | 4 | 24 ^a | 5 | 4 | 3 | 18 ^a | 100 |
| 5. Llenar las formas necesarias | 5 | 6 | 8 | — | 7 | 6 | 7 | 130 |

^aEl empleado sostiene conversaciones prolongadas con el jefe (no relacionadas con el trabajo).

Según el acuerdo con sus trabajadores, el factor por fatiga es 10% y el factor de tiempo personal es 10%. Para calcular el tiempo estándar de la operación de este trabajo, Stanley excluye todas las operaciones que parecen ser anormales o no recurrentes. No quiere que el error sea mayor que 5%.

- a) ¿Cuál es el tiempo estándar para la tarea?
- b) ¿Cuántas observaciones se necesitan para un nivel de confianza de 95%?

P · 9.23 El gerente de banco Art Hill quiere determinar el porcentaje de tiempo que los cajeros están ocupados y ociosos. Decide realizar un muestreo del trabajo, su estimación inicial es que los cajeros están ociosos 15% del tiempo. ¿Cuántas observaciones debe realizar Hill con el fin de obtener 95.45% de confianza en que los resultados no se alejarán más de 4% del resultado verdadero?

: **9.24** El supervisor Robert Hall quiere saber cuál es el porcentaje de tiempo ocioso de una máquina en su área. Decide usar muestreo del trabajo, su estimación inicial del tiempo ocioso de la máquina es 20%. ¿Cuántas observaciones necesita Hall para estar 98% seguro de que los resultados no se alejarán más de 5% del resultado verdadero?

: **9.25** Un muestreo del trabajo tomado durante un mes de 100 horas de trabajo produjo los siguientes resultados.

| | |
|----------------------------------|------|
| Unidades producidas | 300 |
| Tiempo ocioso (ajeno a la tarea) | 25% |
| Calificación del desempeño | 110% |
| Suplemento | 15% |

¿Cuál es el tiempo estándar para el trabajo?

· 9.26 Una muestra aleatoria de los operarios, tomada durante un mes de 160 horas de trabajo en Tele-Marketing, Inc., produjo los siguientes resultados. ¿Qué porcentaje del tiempo se dedica al trabajo?

| | |
|----------------------------|-----|
| Al teléfono con el cliente | 858 |
| Tiempo ocioso | 220 |
| Tiempo personal | 85 |

: **9.27** Durante una semana de trabajo de 40 horas, se realizaron en total 300 observaciones de Bob Ramos, un trabajador en una línea de ensamble. La muestra reveló que Bob estuvo ocupado trabajando (en el ensamble de partes) durante 250 observaciones. Encuentre el porcentaje de tiempo que trabajó. Si quiere un nivel de confianza de 95% y el error aceptable es 3%, ¿de qué tamaño debe ser su muestra? ¿Fue adecuado el tamaño de la muestra?

· 9.28 La operación de sacar punta a un lápiz se divide en ocho pequeños movimientos elementales. En términos de MTM, se asigna a cada elemento cierto número de TMU:

| | |
|------------------------------------|---------|
| Alcanzar el lápiz a 4 pulgadas | 6 TMU |
| Agarrar el lápiz | 2 TMU |
| Mover el lápiz 6 pulgadas | 10 TMU |
| Posicionar el lápiz | 20 TMU |
| Insertar el lápiz en el sacapuntas | 4 TMU |
| Sacar punta al lápiz | 120 TMU |
| Sacar el lápiz | 10 TMU |
| Mover el lápiz 6 pulgadas | 10 TMU |

¿Cuál es el tiempo normal total para sacar punta a un lápiz? Exprese su respuesta en minutos y segundos.

: **9.29** Vic Sower, supervisor de Huntsville Equipment Company, está preocupado porque el material no llegue a las células de trabajo con la oportunidad necesaria. Se instaló un nuevo sistema kanban, pero parece que hay una demora al poner en movimiento el material hacia las células de trabajo para que inicien su trabajo con prontitud. Sower está interesado en saber qué tan larga es la demora por parte de sus muy bien pagados operarios. Lo ideal sería que se acercara a cero. Pide a su asistente que determine el factor de demora en cada una de sus 10 células de trabajo. Durante las siguientes dos semanas, su asistente recolecta datos aleatorios y determina que de 1,200 observaciones, 105 se realizaron mientras los operarios esperaban la llegada de materiales. ¿Qué informe entrega a Sower?

: **9.30** En la foto reproducida al inicio de este suplemento, se analiza el trabajo de Tim Nelson como inspector en La-Z-Boy. Se espera que Tim inspeccione 130 sillones al día.

- Si Tim trabaja jornadas de 8 horas, ¿cuántos minutos tiene para cada inspección (es decir, cuál es su “tiempo estándar”)?
- Si tiene un suplemento de 6% por fatiga, 6% por demora y 6% para tiempo personal, ¿cuál es el tiempo normal que se supone le llevará cada inspección?



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASO DE ESTUDIO

Jackson Manufacturing Company

Kathleen McFadden, vicepresidenta de operaciones en Jackson Manufacturing Company, acaba de recibir, una solicitud de cotización de DeKalb Electric Supply para 400 unidades semanales de armaduras de motor. Como sus componentes son estándar, pueden integrarse con facilidad al programa de producción existente o conseguirse a través de los proveedores establecidos con base en entregas JIT. No obstante, existen algunas diferencias en el ensamble. La señora McFadden identificó las ocho tareas que Jackson debe realizar para ensamblar la armadura. Como siete de estas tareas son muy parecidas a otras que han realizado antes; por lo tanto, conocen el tiempo del ciclo y el estándar de mano de obra para ellas.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.05 | 1.92 | 2.01 | 1.89 | 1.77 | 1.80 | 1.86 | 1.83 | 1.93 | 1.96 | 1.95 | 2.05 | 1.79 | 1.82 | 1.85 | 1.85 | 1.99 |

El desempeño del trabajador se calificó en 115%. La tarea puede realizarse sentado en una estación de trabajo ergonómica bien diseñada, en una instalación con aire acondicionado. Aun cuando la armadura en sí pesa 10.5 libras, hay un soporte que la sostiene y el operario sólo necesita rotar la pieza, pero el trabajo de detalle es alto; por lo cual se ha pensado que el suplemento por fatiga será de 8%. El suplemento personal establecido por la compañía es 6%, y el suplemento por demora debe ser muy bajo. De acuerdo con estudios previos, la demora promedio en ese departamento es 2%. Este estándar deberá manejar la misma cifra.

Aunque el día de trabajo es de 7.5 horas, los operarios ganan las 8 horas a \$12.50 por hora en promedio.

La octava tarea, el diseño de la nueva armadura, requiere realizar un trabajo muy distinto de cualquiera de los realizados antes. Kathleen le ha pedido un estudio de tiempos sobre esta tarea para determinar el tiempo estándar. Luego podrá estimarse el costo de ensamblar la armadura. Al combinar los datos de su estudio con otros datos de costos, la empresa estará en posibilidad de reunir toda la información necesaria para la cotización.

Con el objetivo de establecer un tiempo estándar para la tarea, un empleado de una estación de ensamble existente se capacitó en el nuevo proceso. Una vez capacitado, se le pidió que realizara 17 veces la tarea para determinar un estándar. Los tiempos reales observados fueron:

Preguntas para analizar

En su informe para la señora McFadden usted está consciente de que debe considerar varios factores:

1. ¿Qué tan grande debe ser la muestra para llegar a un estándar estadísticamente preciso (digamos, a un nivel de confianza de 99.73% y una exactitud de 5%)?
2. ¿Es adecuado el tamaño de la muestra?
3. ¿Cuántas unidades deben producirse al día en esta estación de trabajo?
4. ¿Cuál es el costo por unidad que pasa por esta estación de trabajo, en términos de costo de mano de obra directa?

Fuente: Profesor Hank Maddux, Sam Houston State University.

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: Visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Chicago Southern Hospital:** Examina los requerimientos para un plan de muestreo del trabajo para sus enfermeras.
- **Telephone Operator Standards at AT&T:** Examina las implicaciones de los estándares de mano de obra para los operarios de teléfonos en AT&T.

Harvard seleccionó el siguiente caso de Harvard Business School para complementar este suplemento (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Lincoln Electric (# 376-028):** Analiza el sistema de remuneraciones y la cultura de la compañía en esta fábrica de equipo para soldar.

BIBLIOGRAFÍA

- Flynn, B. B., C. Blair y M. Walters. "Flexible Compensation for World Class Manufacturers: Creating a Labor Skill Inventory Using Skill-Based Pay", *OM Review* 9, núm. 3 (1992): 22-36.
- Hall, R. W. "Standard Work: Holding the Gains", *Target* 14, núm. 4 (1998): 13-19.

- Jacobs, L. W. y S. E. Bechtold. "Labor Utilization Effects of Labor Scheduling Flexibility Alternatives in a Tour Scheduling Environment", *Decision Sciences* 24, núm. 1 (enero-febrero de 1993): 148-166.
- Konz, S. y Steven Johnson. *Work Design: Industrial Ergonomics*. 5a. ed., Scottsdale, AZ: Holcomb Hathaway, 2000.

Myers, Fred E. *Time and Motion Study for Lean Manufacturing*, 2a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.

Niebel, B. W. y Andris Freivalds. *Methods, Standards and Work design*, 11a. ed., Nueva York: Irwin/McGraw-Hill, 2003.

Ousnamer, Mark. "Time Standards that Make Sense", *IIE Solutions* (diciembre de 2000): 28-32.

Pagell, Mark, Robert B. Handfield y Alison E. Barber. "Effects of Operational Employee Skills on Advanced Manufacturing Technology Performance", *Production and Operations Management* 9, núm. 3 (otoño de 2000): 222-238.



RECURSOS DE INTERNET

Applied Computer Services, Inc. (software para medición):

<http://acsco.com>

Institute of Industrial Engineers:

<http://www.iinet.org/>

Methods Time Measurement Association:

<http://www.mtm.org/>

Programa de medición de desempeño:

http://www.performance_measurement.com

Administración de inventarios

Descripción del capítulo

**PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:
LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS
PROPORCIONA UNA VENTAJA
COMPETITIVA A AMAZON.COM**

FUNCIONES DEL INVENTARIO

Tipos de inventarios

ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

Análisis ABC

Exactitud en los registros

Conteo cíclico

Control de inventarios para servicios

MODELOS DE INVENTARIOS

Demanda independiente contra dependiente

Costos de mantener, ordenar y preparar

MODELOS DE ALMACENES PARA DEMANDA INDEPENDIENTE

Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Minimización de los costos

Puntos de reorden

Modelo de la cantidad económica a producir

Modelos de descuentos por cantidad

MODELOS PROBABILÍSTICOS CON TIEMPO DE ENTREGA CONSTANTE

SISTEMAS DE PERIODO FIJO (P)

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

USO DE EXCEL OM PARA INVENTARIOS

USO DE POM PARA WINDOWS PARA RESOLVER

PROBLEMAS DE INVENTARIOS

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: SOUTHWESTERN UNIVERSITY: (D); MAYO MEDICAL CENTER; STURDIVANT SOUND SYSTEMS

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: CONTROL DE INVENTARIOS EN WHEELED COACH

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Análisis ABC

Exactitud en los registros

Conteo cíclico

Demanda independiente y dependiente

Costos de mantener inventario, de ordenar y de preparación

DESCRIBIR O EXPLICAR:

Las funciones de inventarios y los modelos básicos de inventarios

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

La administración de inventarios proporciona una ventaja competitiva a Amazon.com

Cuando Jeff Bezos abrió su revolucionario negocio en 1995, la idea era que Amazon.com fuera un minorista "virtual" —sin inventarios, ni almacenes ni costos generales— sólo un montón de computadoras tomando órdenes y autorizando a otros para completarlos. Es evidente que las cosas no resultaron así. En la actualidad Amazon almacena millones de artículos en inventario, entre cientos de miles de cajones y anaqueles de metal, en almacenes por todo el país que duplican el área de todos los pisos del Empire State.

Precisamente la administración de este inventario gigantesco convirtió a Amazon en un líder de clase mundial en administración de almacenes y automatización. Este ejemplo ilustra lo que ocurre tras bambalinas. Cuando usted hace una orden en Amazon.com, no sólo hace negocios con una compañía en Internet, sino que está haciendo negocios con una compañía que obtiene una ventaja competitiva a través de la administración de inventarios.

Fuentes: *The New York Times* (21 de enero de 2002): C-3; *Time* (27 de diciembre de 1999): 68-73; y *The Wall Street Journal* (22 de noviembre de 2002): A1 y A6.

1. *Usted ordena tres artículos, y una computadora en Seattle se hace cargo. Una computadora asigna su orden —un libro, un juego y una cámara digital— a uno de los centros de distribución masiva de Amazon, que podría ser la instalación de McDonough, Georgia, de 800 mil pies cuadrados.*
2. *La "maestra del flujo" en McDonough recibe su orden (derecha). Ella determina qué trabajadores van y a dónde, para surtir su orden.*



3. *Hileras de luces rojas ilustran los productos que se pidieron (izquierda). Los trabajadores se desplazan de una luz a otra y tras tomar el artículo del anaquele presionan el botón para apagar la luz. Este sistema se conoce como "recoger en la luz". El sistema duplica la velocidad de los operarios que recogen los artículos manualmente y baja a casi cero la tasa de error.*
4. *Sus artículos se colocan en cajas sobre bandas de transportadoras (abajo). Cada artículo se coloca dentro de una caja grande de color verde que contiene las órdenes de muchos clientes. Una vez llena, la caja viaja por varias bandas de transportadoras que recorren más de 10 millas dentro de la planta a una velocidad constante de 2.9 pies por segundo. El código de barras de cada artículo se lee 15 veces, tarea que realizan las máquinas y muchos de los 600 trabajadores. La meta es reducir los errores a cero; las devoluciones son muy costosas.*



AMAZON.COM

5. Los tres artículos convergen en un tobogán y después a una caja. Todas las cajas llegan a un punto central donde ve a qué orden corresponden los códigos de barras, para determinar quién compró qué. Sus tres artículos terminan en un tobogán de 3 pies de ancho —uno de varios miles— y se colocan en una caja de cartón con un nuevo código de barras que identifica su orden. La recolección se hace en una recolección diseñada para reducir el traslado de los operarios.



6. Cualquier regalo que usted haya elegido se envuelve a mano (izquierda). Amazon capacita a un grupo selecto de personas para envolver regalos, cada una envuelve 30 paquetes por hora.



7. La caja se empaqueta, sella, pesa y etiqueta antes de salir del almacén en camión (izquierda). La planta de McDonough fue diseñada para embarcar hasta 200,000 piezas por día. Alrededor de 60% de las órdenes se envían por el servicio postal de Estados Unidos; casi todo lo demás se embarca por United Parcel Service.

8. Su orden llega hasta la puerta de su casa. La orden se entrega antes de una semana.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

- Diseño de bienes y servicios
- Administración de la calidad
- Estrategia de proceso
- Estrategias de localización
- Estrategias de distribución física
- Recursos humanos
- Administración de la cadena de suministro

Administración de inventarios

- Demanda independiente
- Demanda dependiente
- Sistemas JIT y sistemas esbeltos

- Programación
- Mantenimiento

Inventario de materias primas

Materiales que por lo general se compran, pero que aún deben entrar al proceso de manufactura.

Inventario de trabajo en proceso (WIP)

Productos o componentes que han dejado de ser materia prima, pero que todavía deben transformarse en producto terminado.

Tal como Amazon.com sabe bien, el inventario es uno de los activos más costosos en muchas compañías, que llega a representar hasta 50% del capital total invertido. Los administradores de operaciones de todo el mundo reconocen que la buena administración del inventario es crucial. Por un lado, una empresa reduce sus costos disminuyendo el inventario. Por otro, la falta de un artículo interrumpiría la producción y los clientes quedarían insatisfechos cuando hay faltantes de un artículo. En consecuencia, las compañías deben encontrar el equilibrio entre inversión en inventario y servicio al cliente. Sin un inventario bien administrado es imposible lograr una estrategia de bajo costo.

Toda organización cuenta con algún tipo de sistema para planear y controlar su inventario. Un banco tiene técnicas para controlar su inventario de dinero en efectivo. Un hospital dispone de técnicas para controlar el inventario de sangre y productos farmacéuticos. Las oficinas de gobierno, las escuelas y, por supuesto, prácticamente toda organización de manufactura y producción se preocupan por la planeación y el control de su inventario.

En el caso de productos físicos, la organización debe decidir entre producirlos o comprarlos. Como se analizó en el capítulo 5, una vez tomada esta decisión el siguiente paso es pronosticar la demanda. Luego, los administradores de operaciones determinan el inventario que necesitan para atender dicha demanda. En este capítulo analizamos las funciones, los tipos y la administración de inventarios. Después estudiamos dos preguntas básicas sobre el inventario: cuánto ordenar y cuándo ordenarlo.

FUNCIONES DEL INVENTARIO

El inventario da servicio a varias funciones que agregan flexibilidad a las operaciones de la empresa. Las cuatro funciones del inventario son:

1. “Desarticular” o separar varias partes del proceso de producción. Por ejemplo, si las existencias de una empresa fluctúan, quizá sea necesario un inventario adicional para desarticular los procesos de producción de los proveedores.
2. Separar a la empresa de las fluctuaciones en la demanda y proporcionar un inventario de bienes que ofrezca variedad a los clientes. Este tipo de inventarios son típicos de las tiendas.
3. Aprovechar los descuentos por cantidad, ya que las compras en grandes cantidades disminuyen el costo de los bienes y su entrega.
4. Protegerse contra la inflación y el aumento de precios

Tipos de inventarios

Con el propósito de adaptar las funciones de inventarios, las empresas mantienen cuatro tipos de inventarios: **1.** inventario de materias primas; **2.** inventario de trabajo en proceso; **3.** inventario para mantenimiento, reparación y operaciones (MRO), y **4.** inventario de producto terminado.

El **inventario de materias primas** se compró, pero no se ha procesado. Este inventario se usa para desarticular (es decir, separar) a los proveedores del proceso de producción. No obstante, el enfoque más común consiste en eliminar la variabilidad en cantidad, calidad o tiempo de entrega por parte del proveedor, lo cual hace innecesaria la separación. El **inventario de trabajo en proceso (WIP, work in process)** consta de componentes o materias primas que han sufrido ciertos cambios, pero no están terminados. El WIP existe por el tiempo requerido para hacer un producto (llamado *tiempo de ciclo*). Reducir el tiempo de ciclo disminuye el inventario. Con frecuencia esta tarea no es difícil: durante la mayor parte del tiempo en que “se elabora” el producto; de hecho, está ocioso. Como se ve en la figura 10.1, el tiempo de trabajo real o “tiempo de corrida” es una pequeña fracción de tiempo de flujo del material, quizá sólo 5%.

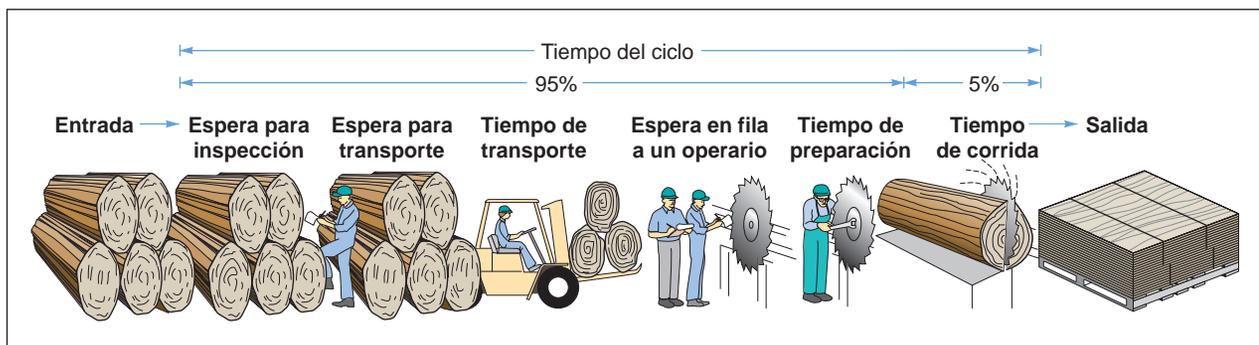


FIGURA 10.1 ■ Ciclo de flujo de material

La mayor parte del tiempo que el trabajo está en proceso (95% del tiempo de ciclo) no es tiempo productivo.

MRO

Materiales para mantenimiento, reparación y operaciones.

Inventario de bienes terminados

Artículos terminados listos para la venta, pero que todavía son activos en los libros de la compañía.

Los inventarios **MRO** se refieren a los artículos de **mantenimiento, reparación y operaciones**, necesarios para mantener productivos la maquinaria y los procesos. Estos inventarios existen porque no se conocen la necesidad y los tiempos de mantenimiento y reparación de algunos equipos. Aun cuando la demanda del inventario MRO suele ser una función de los programas de mantenimiento, es necesario prever las demandas no programadas de MRO. El **inventario de bienes terminados** maneja productos completados en espera del embarque. No conocer las demandas futuras del cliente será la causa del inventario de bienes terminados.

ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

Los administradores de operaciones establecen sistemas para el manejo de inventarios. En esta sección analizamos brevemente dos aspectos de tales sistemas: **1.** cómo clasificar los artículos del inventario (conocido como *análisis ABC*) y **2.** cómo mantener registros precisos del inventario. Después se estudiará el control del inventario en el sector servicios.

Análisis ABC

Análisis ABC

Técnica para dividir el inventario en tres grupos basados en el volumen anual en dólares.

El **análisis ABC** divide el inventario que se tiene en tres grupos según su volumen anual en dólares.¹ El análisis ABC es una aplicación de lo que conocemos como principio de Pareto. Este principio establece que hay “pocos artículos importantes y muchos triviales”.² La idea consiste en establecer políticas de inventario que centren sus recursos en los *pocos artículos importantes* del inventario y no en los muchos triviales. Resulta poco realista dar seguimiento a los artículos baratos con el mismo cuidado que a los artículos costosos.

Con el fin de determinar el volumen anual en dólares para el análisis ABC, se mide la *demanda anual* de cada artículo en el inventario y se multiplica por su *costo por unidad*. Los artículos con un alto volumen anual en dólares pertenecen a la *Clase A*. Aunque estos artículos constituyan sólo un 15% de todos los artículos del inventario, representarían entre 70 y 80% del uso total en dólares. Los artículos del inventario en la *Clase B* son aquellos con un volumen anual en dólares intermedio. Éstos representan alrededor de 30% de todos los artículos del inventario y entre 15 y 25% del valor total. Por último, los de bajo volumen anual en dólares pertenecen a la *Clase C* y representan sólo 5% del volumen anual en dólares, pero casi 55% de los artículos en el inventario.

Una gráfica del inventario de muchas organizaciones podría aparecer como se ilustra en la figura 10.2. En el ejemplo 1 se presenta una manera de usar el análisis ABC.

Ejemplo 1

Silicon Chips, Inc., fabricante de los chips ultrarrápidos DRAM, organizó los 10 artículos de inventario según su volumen anual en dólares. A continuación se ilustran los artículos (identificados por número de inventario), la demanda anual, el costo unitario, el volumen anual en dólares y el porcentaje del inventario total que representa cada uno. En la siguiente tabla estos artículos se ilustran agrupados en la clasificación ABC:

CÁLCULO ABC

| NÚMERO DE ARTÍCULOS EN INVENTARIO | PORCENTAJE DEL NÚM. DE ARTS. EN INVENTARIO | VOLUMEN ANUAL (UNIDADES) | COSTO UNITARIO | VOLUMEN ANUAL EN DÓLARES | PORCENTAJE DEL VOL. ANUAL EN DÓLARES | CLASE |
|-----------------------------------|--|--------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------------------|---------|
| #10286 | } 20% | 1,000 | \$ 90.00 | \$ 90,000 | 38.8% | } 72% A |
| #11526 | | 500 | 154.00 | 77,000 | 33.2% | |
| #12760 | } 30% | 1,550 | 17.00 | 26,350 | 11.3% | } 23% B |
| #10867 | | 350 | 42.86 | 15,001 | 6.4% | |
| #10500 | | 1,000 | 12.50 | 12,500 | 5.4% | |
| #12572 | } 50% | 600 | \$14.17 | 8,502 | 3.7% | } 5% C |
| #14075 | | 2,000 | .60 | 1,200 | .5% | |
| #01036 | | 100 | 8.50 | 850 | .4% | |
| #01307 | | 1,200 | .42 | 504 | .2% | |
| #10572 | | 250 | .60 | 150 | .1% | |
| | | 8,550 | | \$232,057 | 100.0% | |

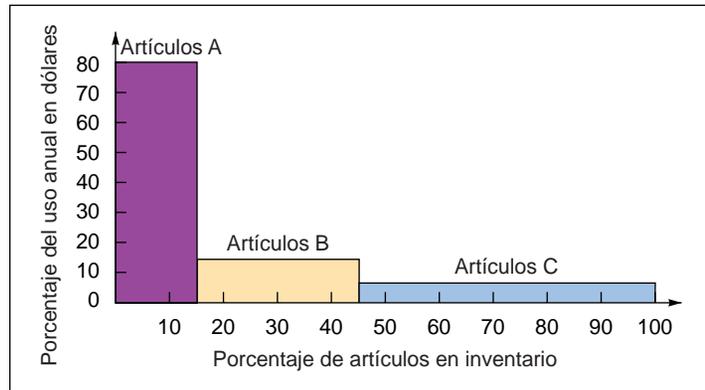
El desglose en categorías A, B, C no es una regla inflexible. Su meta es sólo separar lo “importante” de lo “no importante”.

¹El desarrollo de esta técnica se atribuye a H. Ford Dickie. Véase *Modern Manufacturing* (antes *Factory Management and Maintenance*), de H. Ford Dickie (julio de 1951).

²En honor de Vilfredo Pareto, economista italiano del siglo XIX.

FIGURA 10.2 ■

Representación gráfica del análisis ABC



La mayor parte de los sistemas de administración de inventarios automatizados incluyen el análisis ABC.

Otros criterios, además del volumen anual en dólares, determinan la clasificación de artículos. Por ejemplo, cambios anticipados de ingeniería, problemas de entrega, problemas de calidad o el alto costo unitario señalan la necesidad de cambiar los artículos a una clasificación más alta. La ventaja de dividir en clases los artículos del inventario es que permite establecer políticas y controles para cada clase.

Las políticas que se basan en el análisis ABC incluyen:

1. Los recursos de compras que se dedican al desarrollo de proveedores deben ser mucho mayores para los artículos A que para los artículos C.
2. Los artículos A, a diferencia de los B y C, deben tener un control físico mucho más riguroso; quizá deban colocarse en áreas más seguras y tal vez la exactitud de los registros de los artículos A debe verificarse con más frecuencia.
3. El pronóstico de los artículos A merece más cuidado que el de otros.

Mejores pronósticos, control físico, confiabilidad en el proveedor y, en última instancia, una reducción en los inventarios de seguridad sería el resultado de políticas de una administración de inventarios adecuada. El análisis ABC sirve de guía para desarrollar estas políticas.

Exactitud en los registros

Las buenas políticas de inventarios pierden sentido si la administración no sabe qué hay en su inventario. La exactitud de los registros es un elemento esencial de todo sistema de producción e inventarios. Esta precisión en los registros permite a las organizaciones centrarse en los artículos que necesitan, en lugar de aceptar que haya “un poco de todo” en su inventario. Sólo cuando la organización sabe con exactitud con qué cuenta, toma decisiones concretas de órdenes, programación y embarque.

Para asegurar la precisión, el registro de entradas y salidas debe ser bueno, como tiene que serlo la seguridad del almacén. Un almacén bien organizado se caracteriza por acceso restringido, buen manejo y áreas de almacenamiento para alojar cantidades fijas de existencias. Los cajones, los espacios en los anaqueles y las partes se etiquetan con exactitud. El enfoque de la Marina de Estados Unidos para mejorar la exactitud de sus registros de inventario se analiza en el recuadro *AO en acción* “lo que la Marina aprendió de Wal-Mart acerca de inventarios”.

Conteo cíclico

Aunque la organización haya realizado esfuerzos considerables para registrar con precisión su inventario, dichos registros deben verificarse mediante una auditoría continua. Esas auditorías se conocen como **conteo cíclico**. Históricamente, muchas empresas llevaban a cabo inventarios físicos anuales. No obstante, esta práctica suele significar el cierre temporal de las instalaciones y que personas sin experiencia cuenten partes y materiales. En su lugar, los registros del inventario deben verificarse con una comprobación del ciclo. Esta técnica utiliza la clasificación del inventario desarrollada en el análisis ABC. Con los procedimientos de conteo cíclico, periódicamente se cuentan los artículos, se verifican los registros y se documentan las imprecisiones. Se rastrea la causa de las imprecisiones y se toman las medidas correctivas para asegurar la integridad del sistema de inventario. Los artículos A se cuentan con frecuencia, quizás una vez al mes; los artículos B se cuentan con menos frecuencia, tal vez cada trimestre; y los artículos C se cuentan es probable que una vez cada seis meses. En el ejemplo 2 se ilustra cómo calcular el número de artículos de cada clasificación que debe contarse todos cada día.

Conteo cíclico

Conciliación continua del inventario y con los registros de inventario.

AO EN ACCIÓN

Lo que la Marina aprendió de Wal-Mart acerca de inventarios

La Marina de Estados Unidos sabía que tenía problemas de inventarios. Hace unos años, en Camp Pendleton, cerca de San Diego, un soldado hizo la orden de una refacción y tuvo que esperar una semana para que llegara, desde el almacén al otro lado de la base. Aún peor, la fuerza tenía 207 sistemas de cómputo en todo el mundo; llamados "nidos de ratas" por los técnicos, la mayoría ni siquiera se comunicaban.

Para lograr una victoria sobre el inventario no controlado, el personal de la Marina estudió a Wal-Mart, Caterpillar y UPS. "Estamos en medio de una revolución", comenta el general Gary McKissock, quien se ha propuesto reducir a la mitad el inventario para las fuerzas, ahorrar 200 millones de dólares y cambiar a 2,000 soldados de las tareas de inventarios al campo de batalla.

Al reemplazar el inventario con información, la Marina no tendrá que acumular toneladas de productos cerca del campo de batalla, como se hizo durante la Guerra del Golfo, sólo para darse cuenta que era imposible saber qué había en cada contenedor. Entonces, la política de la Marina consistía en solicitar productos suficientes de "todo" para 60 días. McKissock se dio cuenta de que no había necesidad de tener exceso de inventario de productos de consumo, como artículos de oficina que se consiguen en cualquier lugar. Con la asesoría del sector privado, la Marina ha actualizado sus almacenes agregando escáneres inalámbricos para el seguimiento y la ubicación de inventarios en tiempo real. Si es necesario enviar contenedores a la zona de guerra, ahora cuentan con *transponders* (identificadores) de radiofrecuencia que, al leerse con el escáner, se vinculan con una base de datos que detalla su contenido.

Fuentes: *Business Week* (24 de diciembre de 2001): 24; y *Federal Computer Week* (11 de diciembre de 2000): 9.

Ejemplo 2

Cole's Trucks, Inc., un fabricante de camiones de alta calidad para basura, tiene en inventario cerca de 5,000 artículos. Después de contratar durante el verano a un destacado estudiante de administración de operaciones, Matt Clark, la empresa comprobó que tiene 500 artículos clase A, 1,750 clase B y 2,750 clase C. La política de la compañía es contar cada mes (20 días hábiles) todos los artículos A, cada trimestre (60 días hábiles) los artículos B y cada seis meses (120 días hábiles) los C. ¿Cuántos artículos debe contar cada día?

| CLASE DEL ART. | CANTIDAD | POLÍTICA DE CONTEO DE CICLO | NÚMERO DE ARTS. CONTADOS POR DÍA |
|----------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|
| A | 500 | Cada mes (20 días hábiles) | $500/20 = 25/\text{día}$ |
| B | 1,750 | Cada trimestre (60 días hábiles) | $1,750/60 = 29/\text{día}$ |
| C | 2,750 | Cada 6 meses (120 días hábiles) | $2,750/120 = 23/\text{día}$ |
| | | | <u>77/día</u> |

Cada día se cuentan 77 artículos.

En el ejemplo 2, los artículos específicos contados en el ciclo se seleccionan de manera secuencial o aleatoria. Otra opción sería efectuar el conteo cíclico cada vez que se reordena.

El conteo cíclico tiene también las siguientes ventajas:

1. Evita detener o interrumpir la producción necesaria para el inventario físico anual.
2. Elimina los ajustes anuales del inventario.
3. Personal capacitado audita la precisión del inventario.
4. Permite identificar las causas de error y tomar medidas correctivas.
5. Favorece la exactitud de registrados.

Control de inventarios para servicios

La administración del inventario en los servicios merece consideración especial. Aun cuando se piensa que no hay inventario en los servicios, en realidad no es así. Por ejemplo, los negocios de venta al mayoreo y menudeo mantienen grandes inventarios, que hacen de la administración de inventarios un elemento esencial y a menudo un factor de progreso para el administrador. En el caso de los negocios de servicio de comida, el control de inventarios marca la diferencia entre el éxito y el fracaso. Aún más, un inventario en tránsito u ocioso en un almacén significa valor que se pierde. De manera similar, el inventario robado o dañado antes de su venta también es una pérdida. En las tiendas, el inventario por el que nadie es responsable entre la recepción y la venta se conoce como **merma**. Las mermas se deben a daños o robos, así como a documentación descuidada. El inventario robado también se conoce como **robo**. Se considera buena una pérdida de 1% de las ventas en el inventario de una tienda y en muchas de ellas las

Merma

Inventario por el que nadie es responsable entre la recepción y la venta en tiendas.

Robo

Hurto en pequeñas cantidades.

pérdidas exceden el 3%. Como el impacto en la rentabilidad es significativo, la precisión y el control del inventario son determinantes. Entre las técnicas aplicables se incluyen las siguientes:

1. Buena selección de personal, capacitación y disciplina. Nunca son fáciles, pero sí muy necesarias en los servicios de alimentos y operaciones de menudeo y mayoreo, donde los empleados tienen acceso directo a las mercancías de consumo.
2. Control estricto de envíos que llegan. Tarea que muchas empresas emprenden mediante códigos de barras y sistemas de identificación de radiofrecuencia, que leen cada embarque que entra y verifican de manera automática artículos contrapeditados. Cuando se diseñan correctamente, es difícil burlar estos sistemas. Cada artículo tiene su propia SKU o unidad de inventario.
3. Control efectivo de todo artículo que sale de la instalación. Este trabajo se realiza mediante códigos de barras en todos los artículos del embarque, cintas magnéticas en mercancías o a través de la observación directa. Esto lo debe hacer el personal de vigilancia en las salidas (como en las tiendas mayoristas Costco y Sam's Club) y en las áreas con mayor potencial de pérdidas o tomar la forma de espejos dirigidos y cámaras de video.

El éxito de la operación de una tienda requiere un buen control dentro de la tienda misma con inventarios precisos en el lugar adecuado. Un estudio reciente reveló que en una de las tiendas más importantes de Estados Unidos, ni clientes ni encargados podían encontrar 16% de los artículos, no por faltantes, sino porque estaban fuera de su lugar (en un cuarto trasero, un área de depósito o el pasillo incorrecto). Según estimaciones de los investigadores, las tiendas pierden entre 10 y 25% de sus utilidades globales por errores o imprecisiones en sus registros de inventarios.³

MODELOS DE INVENTARIOS

A continuación examinamos varios modelos de inventarios y los costos asociados correspondientes.

Demanda independiente contra dependiente

Los modelos para el control de inventarios suponen que los artículos son dependientes o independientes de la demanda de otros artículos. Por ejemplo, la demanda de refrigeradores es *independiente* de la demanda de hornos eléctricos. No obstante, la demanda de componentes para hornos eléctricos es *dependiente* de los requerimientos de hornos eléctricos.

Este capítulo se enfoca en la administración del inventario donde la demanda es *independiente*. En el capítulo 11 se estudia la administración de la demanda *dependiente*.

Costos de mantener, ordenar y preparar

Los **costos de mantener o llevar inventario** son los que se asocian con guardar o “manejar” el inventario en el tiempo. Por lo tanto, los costos de mantener también incluyen obsolescencia y otros costos relacionados con el almacenaje, como seguros, personal adicional y pago de intereses. La tabla 10.1 ilustra los tipos de

Costo de mantener inventario

Costo de guardar o llevar artículos en inventario.

TABLA 10.1 ■

Definición de los costos de mantener el inventario

| CATEGORÍA | COSTO (Y RANGO) PORCENTAJE DEL VALOR DEL INVENTARIO |
|---|---|
| Costos de edificio (renta o depreciación del edificio, costos de operación, impuestos, seguros) | 6% (3–10%) |
| Costo de manejo de materiales (renta o depreciación del equipo, energía, costo de operación) | 3% (1–3.5%) |
| Costo de mano de obra | 3% (3–5%) |
| Costo de inversión (costos de préstamos, impuestos y seguros del inventario) | 11% (6–24%) |
| Robo, daño y obsolescencia | 3% (2–5%) |
| Costos generales por manejo | 26% |

Nota: Todas las cifras son aproximadas, pues varían en forma considerable según la naturaleza del negocio, la localización y las tasas de interés vigentes. Cualquier costo de mantener el inventario menor a 15% es dudoso, los costos anuales de mantener el inventario a menudo se acercan a 40% del valor del inventario.

³A. Raman, N. DeHoratius y Z. Ton, “Execution: The Missing Link in Retail Operations”, *California Management Review* 43, núm. 3 (primavera de 2001): 136-141.

Costo de ordenar

Costo del proceso de colocar la orden.

Costo de preparar

Costo de preparar una máquina o un proceso para la producción.

Tiempo de preparación

Tiempo necesario para preparar una máquina o un proceso para la producción.

costos que deben evaluarse para determinar los costos de mantener. Muchas empresas no incluyen todos los costos de mantener el inventario. En consecuencia, los costos de mantener suelen subestimarse.

El **costo de ordenar** incluye costos de existencias, formas, procesamiento de órdenes y personal de apoyo, entre otros. También existen costos de ordenar al fabricar el producto; sin embargo, éstos son parte de lo que se conoce como costos de preparar. El **costo de preparar** es el que se refiere a establecer una máquina o un proceso para la manufactura de un producto. Éste incluye el tiempo y la mano de obra para limpiar y cambiar herramientas y los contenedores. Los administradores de operaciones reducen los costos de ordenar disminuyendo los costos de preparar y usando procedimientos eficientes como los procedimientos electrónicos de órdenes y pagos.

En muchos entornos, el costo de preparar tiene una correlación estrecha con el **tiempo de preparación**. En general, las preparaciones de maquinaria requieren gran cantidad de trabajo previo a la preparación misma que se realiza en el centro de trabajo. No obstante, con la planeación adecuada, gran parte del trabajo requerido para la preparación se haría antes de detener la operación de una máquina o un proceso. Es decir, los tiempos de preparación es posible reducirlos en forma sustancial. Algunos fabricantes creativos de clase mundial han logrado disminuir a menos de un minuto el tiempo de preparación de máquinas y procesos que tradicionalmente tomaba horas. Como veremos en este capítulo, reducir los tiempos de preparación es una excelente manera de disminuir la inversión en almacenes y mejorar la productividad.

MODELOS DE ALMACENES PARA DEMANDA INDEPENDIENTE

En esta sección introducimos tres modelos de almacenes que responden dos preguntas importantes de almacenes: *cuándo ordenar* y *cuánto ordenar*. Estos modelos de demanda *independiente* son

1. Modelo de cantidad económica a ordenar (EOQ).
2. Modelo de cantidad económica a producir.
3. Modelo de descuentos por cantidad.

Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

El **modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ, *economic order quantity*)** es una de las técnicas más antiguas y conocidas para el control de almacenes.⁴ El uso de esta técnica es relativamente sencillo y se basa en varias suposiciones:

1. La demanda es conocida, constante e independiente.
2. El tiempo de entrega, es decir, el tiempo entre colocar y recibir una orden, se conoce y es constante.
3. La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de una orden llega en un lote al mismo tiempo.
4. Los descuentos por cantidad no son posibles.
5. Los únicos costos variables son el costo de preparar o colocar una orden (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar el inventario en el tiempo (costo de mantener o manejar). Estos costos se analizaron en la sección anterior.
6. Los faltantes (escasez) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento adecuado.

Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Técnica de uso común para el control del inventario.

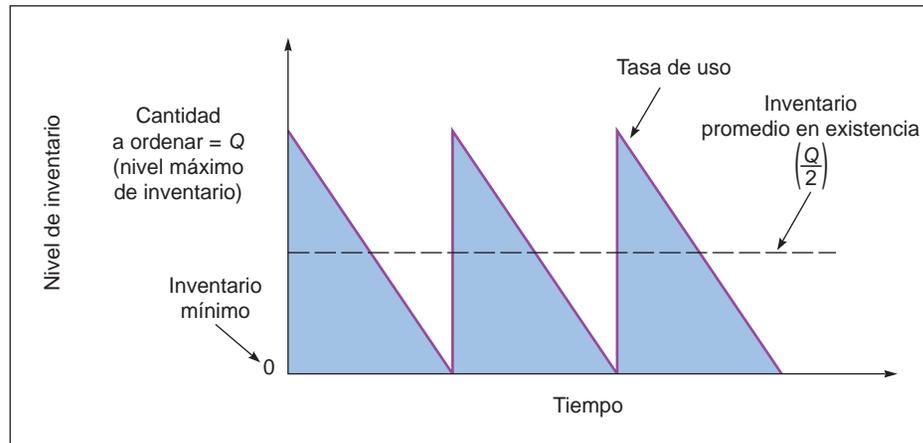
Con los incrementos estacionales de la demanda, tiendas y proveedores dependerían de grandes inventarios. Con frecuencia, los almacenes se llenan en noviembre anticipándose a la temporada navideña. Esto significa enormes costos de mantener.



⁴La investigación sobre EOQ data de 1915; véase Ford W. Harris, *Operations and Cost* (Chicago: A. W. Shaw, 1915).

FIGURA 10.3 ■

Uso del inventario en el tiempo



Con estas suposiciones, la gráfica de uso del inventario en el tiempo tiene forma de diente de sierra, como en la figura 10.3. Q representa la cantidad que se ordena. Si se trata de 500 vestidos, los 500 vestidos llegan al mismo tiempo (cuando se recibe la orden). Por lo tanto, el nivel de inventario brinca de 0 a 500 vestidos. En general, cuando llega una orden el nivel de inventario aumenta de 0 a Q unidades.

Puesto que la demanda es constante en el tiempo, el inventario baja a un ritmo constante. (Observe las rectas inclinadas en la figura 10.3). Cada vez que el nivel de inventario llega a 0, se coloca y recibe una nueva orden; por lo cual, el nivel del inventario brinca de nuevo a Q unidades (representado por las rectas verticales). Este proceso continúa en forma indefinida en el tiempo.

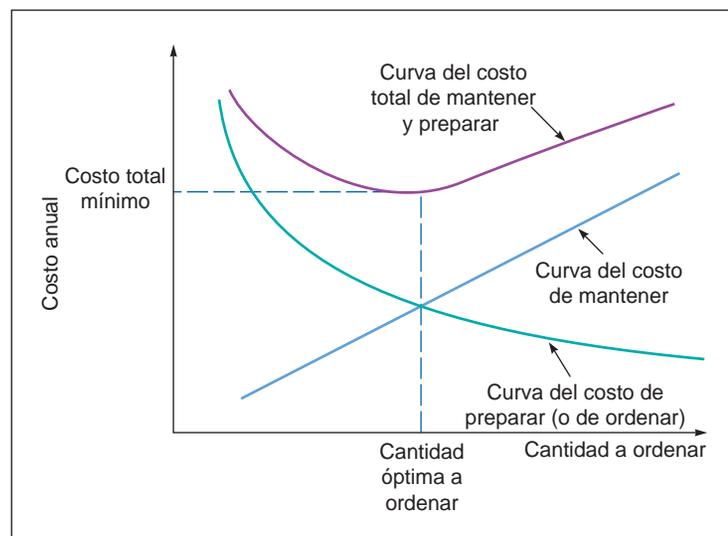
Minimización de los costos

La meta de casi todos los modelos de inventarios es minimizar los costos totales. Con las suposiciones dadas, los costos significativos son el costo de preparar (o de ordenar) y el costo de mantener (o de manejo). Los demás costos son constantes, como el costo del inventario en sí. En consecuencia, si minimizamos la suma de los costos de ordenar y mantener, minimizaremos el costo total. Para ayudar a visualizar este concepto, en la figura 10.4 se graficaron los costos totales como función de la cantidad de la orden o el tamaño del lote, Q . El tamaño óptimo del lote, Q^* , es la cantidad que minimiza el costo total. Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de órdenes colocadas por año. Así, si la cantidad ordenada crece, el costo anual de ordenar o preparar decrece. Pero si aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener también aumenta, ya que se mantiene un inventario promedio mayor.

Como se observa en la figura 10.4, al reducir los costos de preparación o bien de mantener, la curva del costo total se reduce. Una reducción en la curva del costo de preparar también reduce la cantidad óptima de la orden (tamaño del lote). Además, los lotes de menor tamaño tienen un impacto positivo en la calidad y la flexibilidad de producción. En Toshiba, el conglomerado japonés de 40 mil millones de dólares, los modelos cambian aun cuando los trabajadores apenas hayan fabricado 10 computadoras portátiles de un modelo. La flexibilidad en el tamaño del lote ha permitido a Toshiba desplazarse hacia un sistema

FIGURA 10.4 ■

Costo total como función del tamaño del lote



de “construcción por orden” y personalización masiva, que es una habilidad relevante en una industria donde los ciclos de vida del producto se miden en meses, no en años.⁵

Observe que en la figura 10.4 la cantidad óptima a ordenar ocurre en el punto donde la curva del costo de ordenar se cruza con la curva del costo de mantener el inventario. Pero no ocurre así por casualidad. Con el modelo EOQ, la cantidad óptima a ordenar ocurrirá en el punto donde el costo total de preparación es igual al costo total de mantener.⁶ Usaremos este hecho para desarrollar las ecuaciones que dan directamente el valor de Q^* . Los pasos necesarios son:

1. Desarrollar una expresión para el costo de ordenar o de preparación.
2. Desarrollar una expresión para el costo de mantener.
3. Establecer el costo de preparación igual al costo de mantener.
4. Despejar la cantidad óptima a ordenar de esta ecuación.

Usando las siguientes variables determinamos los costos de ordenar, mantener y despejar Q^* :

Q = número de piezas por orden

Q^* = número óptimo de piezas a ordenar (EOQ)

D = demanda anual en unidades del artículo en inventario

S = costo de ordenar o de preparación para cada orden

H = costo de mantener o manejar inventario por unidad por año

1. Costo anual de ordenar = (número de órdenes colocadas por año) \times (costo de ordenar o preparar por orden)

$$= \left(\frac{\text{Demanda anual}}{\text{Número de unidades en cada orden}} \right) (\text{Costo de ordenar o preparar por orden})$$

$$= \left(\frac{D}{Q} \right) (S)$$

$$= \frac{D}{Q} S$$

2. Costo anual de mantener = (nivel de inventario promedio) \times (costo de mantener por unidad por año)

$$= \left(\frac{\text{Cantidad a ordenar}}{2} \right) (\text{Costo de mantener por unidad por año})$$

$$= \left(\frac{Q}{2} \right) (H)$$

$$= \frac{Q}{2} H$$

3. La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo de preparar anual es igual al costo de mantener anual; a saber:

$$\frac{D}{Q} S = \frac{Q}{2} H$$

4. Para despejar Q^* , simplemente se hace la multiplicación cruzada de los términos y se despeja Q , del lado izquierdo de la igualdad.

$$2DS = Q^2H$$

$$Q^2 = \frac{2DS}{H}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \tag{10-1}$$

⁵R. Anthony Inman, “The Impact of Lot-Size Reduction on Quality”, *Production and Inventory Management Journal* 35, núm. 1 (primer trimestre de 1994): 5-8; e *International Journal of Production Economics* (1 de agosto de 1996): 37-46.

⁶Éste es el caso cuando los costos de mantener son lineales y parten del origen, es decir, cuando los costos de inventario no disminuyen (o aumentan) conforme aumenta el volumen del inventario y todos los costos de mantener sufren incrementos pequeños. También es probable que haya cierto aprendizaje cada vez que se realiza una preparación (o una orden), hecho que disminuye los costos subsiguientes de preparación. En consecuencia, es probable que el modelo EOQ sea un caso especial. No obstante, acatamos la sabiduría convencional de que este modelo es una aproximación razonable.

Una vez derivadas las ecuaciones para la cantidad óptima a ordenar, Q^* , es posible resolver directamente los problemas de inventario, como en el ejemplo 3.

Ejemplo 3

Sharp, Inc., una compañía comercializadora de agujas hipodérmicas indoloras, está interesada en reducir el costo de su inventario determinando el número óptimo de agujas hipodérmicas que debe solicitar en cada orden. Su demanda anual es 1,000 unidades; el costo de ordenar o preparar es de \$10 por orden y el costo de mantener por unidad por año es de \$.50. Con estas cifras calculamos el número óptimo de unidades por orden:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{0.50}} = \sqrt{40,000} = 200 \text{ unidades}$$

También es posible determinar el número esperado de órdenes colocadas durante el año (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) como sigue:

$$\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*} \quad (10-2)$$

$$\text{Tiempo esperado entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días hábiles por año}}{N} \quad (10-3)$$

En el ejemplo 4 se ilustra este concepto.

Ejemplo 4

Con los datos de Sharp, Inc., en el ejemplo 3, y suponiendo un año de 250 días hábiles, encontramos el número de órdenes (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) como sigue:

$$N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}}$$

$$= \frac{1,000}{200} = 5 \text{ órdenes por año}$$

$$T = \frac{\text{Número de días hábiles por año}}{\text{Número esperado de órdenes}}$$

$$= \frac{250 \text{ días hábiles por año}}{5 \text{ órdenes}} = 50 \text{ días entre órdenes}$$

Como ya se mencionó en esta sección, el costo variable anual total del inventario es la suma de los costos de preparación y los costos de mantener:

$$\text{Costo total anual} = \text{costo de ordenar} + \text{costo de mantener} \quad (10-4)$$

En términos de las variables del modelo, el costo total CT se expresa como

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H \quad (10-5)$$

En el ejemplo 5 se ilustra cómo usar esta fórmula.

Ejemplo 5

Usando de nuevo los datos de Sharp, Inc., en los ejemplos 3 y 4, determinamos que el costo total anual del inventario es

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

$$= \frac{1,000}{200} (\$10) + \frac{200}{2} (\$.50)$$

$$= (5)(\$10) + (100)(\$0.50)$$

$$= \$50 + \$50 = \$100$$

Esta tienda espera cuatro semanas para recibir una orden de pantalones vaqueros Levi's 501 solicitada al fabricante. Si la tienda vende cada semana 10 pantalones Levi's talla 30-32, el gerente solicitaría dos anaqueles, mantener 40 pantalones en el segundo anaquel y colocar una orden en el momento cuando el primer anaquel se vacíe. Éste sería un sistema de reorden de cantidad fija. Este sistema también se conoce como de "dos contenedores", y es ejemplo de un enfoque muy elemental, pero efectivo en la administración de inventarios.



La expresión del costo total de inventario se escribe de manera que incluya el costo real del material comprado. Si suponemos que la demanda anual y el precio por cada aguja hipodérmica son valores conocidos (por ejemplo, 1,000 agujas hipodérmicas por año a $P = \$10$) y que el costo total anual debe incluir el costo de la compra, entonces la ecuación (10-5) se convierte en

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H + PD$$

Como los costos de material no dependen de una política de órdenes particular, se incurre en un costo anual de materiales de $D \times P = (1,000)(\$10) = \$10,000$. (Más adelante en este capítulo, analizamos el caso en que lo anterior tal vez no sea cierto, es decir, cuando se dispone de un descuento por cantidad).⁷

Modelo robusto Uno de los beneficios del modelo EOQ es que es robusto. Por **robusto** se entiende que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros. Como hemos observado, a menudo es difícil determinar con precisión los costos de ordenar y mantener para el inventario. En consecuencia, contar con un modelo robusto es una ventaja. El costo total del EOQ cambia poco en la vecindad del mínimo; la curva es poco profunda, es decir, que la variación en costos de ordenar, costos de mantener, demanda o aun en el EOQ genera diferencias relativamente modestas en el costo total. En el ejemplo 6 se ilustra la robustez del modelo EOQ.

Robusto

Modelo que da respuestas satisfactorias, incluso si sus parámetros tienen variaciones importantes.

Ejemplo 6

Si en los ejemplos de Sharp, Inc., la administración subestimara la demanda total anual en 50% (supongamos que la demanda real es de 1,500 agujas en lugar de 1,000), pero usara la misma Q , el costo anual del inventario se incrementaría sólo \$25 (\$100 contra \$125) o 25%. Veamos por qué.

Si la demanda en el ejemplo 5 es en realidad de 1,500 agujas en lugar de 1,000, pero la administración usa una cantidad a ordenar $Q = 200$ (cuando debería ser $Q = 244.9$ para $D = 1,500$), la suma de los costos de mantener y ordenar se incrementa 25%.

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H \\ &= \frac{1,500}{200} (\$10) + \frac{200}{2} (\$0.50) \\ &= \$75 + \$50 = \$125 \end{aligned}$$

⁷La fórmula para la cantidad económica a ordenar (Q^*) también se determina encontrando el mínimo de la curva del costo total (es decir, el lugar donde la pendiente de la curva del costo total es cero). Según el cálculo, igualamos a cero la derivada del costo total respecto de Q^* .

Los cálculos para encontrar el mínimo de $CT = \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H + PD$

son: $\frac{d(TC)}{dQ} = \left(\frac{-DS}{Q^2} \right) + \frac{H}{2} + 0 = 0$

Por lo tanto, $Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$

No obstante, de haber sabido que la demanda era de 1,500 con un EOQ de 244.9 unidades, habríamos gastado \$122.48, como se ilustra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual} &= \frac{1,500}{244.9} (\$10) + \frac{244.9}{2} (\$.50) \\ &= 6.125 (\$10) + 122.45 (\$.50) \\ &= \$61.24 + \$61.24 = \$122.48 \end{aligned}$$

Observe que el gasto de \$125.00, hecho con una estimación de la demanda significativamente incorrecta, es sólo 2% ($\$2.52/\122.48) más alto del que se hubiera pagado de haber conocido la demanda real y ordenado según ella.

Podemos concluir que el modelo EOQ sin duda es robusto y que los errores significativos no costarán demasiado. Este atributo del modelo EOQ es muy conveniente, dada nuestra limitación en la capacidad para pronosticar con precisión la demanda, el costo de ordenar y el costo de mantener.

Tiempo de entrega

En los sistemas de compras, es el tiempo entre colocar y recibir una orden; en los sistemas de producción, es el tiempo de espera, movimiento, cola, preparación y corrida para cada componente que se produce.

Puntos de reorden

Una vez decidido *cuánto* ordenar, analicemos la segunda pregunta del inventario, *cuándo* ordenar. Con los modelos de inventario sencillos se supone que la recepción de la orden es instantánea. En otras palabras, suponen **1.** que una empresa colocará una orden cuando el nivel de inventario de un artículo dado llegue a cero y **2.** que los artículos solicitados se recibirán de inmediato. No obstante, el tiempo que transcurre entre la colocación de la orden y su recepción, denominado **tiempo de entrega** o tiempo de abastecimiento, toma desde unas cuantas horas hasta varios meses. Por lo tanto, la decisión de cuándo colocar una orden suele expresarse en términos de un **punto de reorden (ROP, reorder point)**, es decir, el nivel de inventario en el cual debe colocarse la orden (véase la figura 10.5).

El punto de reorden (ROP) se expresa como

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (\text{demanda por día})(\text{tiempo de entrega de nueva orden en días}) \\ &= d \times L \end{aligned} \tag{10-6}$$

Punto de reorden (ROP)

Nivel (punto) del inventario en el cual se toman medidas para reabastecer el artículo almacenado.

Esta ecuación de ROP *supone que la demanda durante el tiempo de entrega y el tiempo de entrega en sí, son constantes.* Cuando no es así, es necesario agregar artículos adicionales, también llamados **inventario de seguridad.**

La demanda por día, *d*, se encuentra dividiendo la demanda anual, *D*, entre el número de días hábiles en un año:

$$d = \frac{D}{\text{Número de días hábiles en un año}}$$

Inventario de seguridad

Inventario adicional para satisfacer una demanda irregular; un amortiguador.

El cálculo del punto de reorden se ilustra en el ejemplo 7.

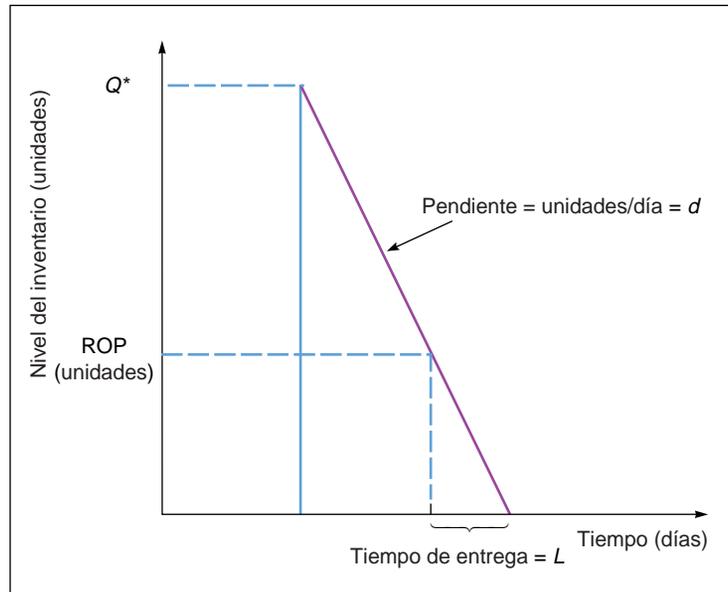
Es posible que cada orden requiera algún cambio en la forma de preparar una máquina o un proceso. La disminución del tiempo de preparación casi siempre significa una reducción en el costo de preparar y esta reducción lleva a lotes más pequeños y económicos para producción. Cada vez más, las preparaciones (y operaciones) se realizan con máquinas controladas por computadora que operan desde software escrito previamente.



FIGURA 10.5 ■

Curva del punto de reorden

Q^* es la cantidad óptima a ordenar, y el tiempo de entrega representa el tiempo que transcurre entre colocar y recibir la orden.



Ejemplo 7

Electronics Assembler, Inc. tiene una demanda de 8,000 videocasetas por año. La empresa opera 250 días al año. La entrega de una orden toma tres días hábiles en promedio. El punto de reorden se calcula como

$$d = \frac{D}{\text{Número de días hábiles en un año}} = \frac{8,000}{250} = 32 \text{ unidades}$$

$$\text{ROP} = \text{Punto de reorden} = d \times L = 32 \text{ unidades por día} \times 3 \text{ días} = 96 \text{ unidades}$$

Por lo tanto, cuando el nivel del inventario llega a 96, debe colocarse una orden, que llegará tres días después, justo cuando se agota el inventario de la empresa.

El inventario de seguridad es en especial importante para empresas cuya entrega de materias primas es singularmente poco confiable. Véase el recuadro *AO en acción* “Inventario de seguridad en San Miguel Corp., de Filipinas”.

AO EN ACCIÓN

Inventario de seguridad en San Miguel Corp., de Filipinas

En San Miguel Corporation (SMC), la cual produce y distribuye más de 300 productos a cualquier punto del archipiélago filipino, las materias primas representan alrededor de 10% de sus activos totales. Esta cantidad de dinero significativa comprometida con el inventario estimuló a sus administradores de operaciones a desarrollar varios modelos que les permitan minimizar los costos de inventario.

Uno de los principales productos de SMC, el helado, usa cuajada de crema y queso importada de Australia, Nueva Zelanda y Europa. El medio normal de entrega es por mar y la frecuencia de las entregas está determinada por los programas del proveedor, no por el nivel de inventario de San Miguel. No obstante, es posible evitar los faltantes mediante fletes aéreos urgentes. El modelo de inventarios de SMC pa-

ra el helado equilibra los costos de ordenar y mantener, así como de faltantes, al mismo tiempo que considera las restricciones en la frecuencia de entrega y el tamaño del lote económico. Al modificar el modo de entrega se vio que el inventario actual de seguridad para 30 a 52 días podía reducirse a la mitad de cuajada de crema y queso. Con su nueva política e incluso con un mayor uso del costoso flete aéreo, la empresa ha ahorrado 170,000 dólares al año.

Otro producto de SMC es la cerveza; sus tres ingredientes básicos son malta, lúpulo y químicos. Como estos productos se caracterizan por bajo costo de ordenar y alto costo unitario, el modelado de inventarios se enfocó en las políticas óptimas para reducir los niveles del inventario de seguridad que ahorraron otros 180,000 dólares al año.

Fuentes: *Businessworld* (24 de mayo de 2000): 1; y *OR/MS Today* (abril de 1999): 44-45.

Modelo de la cantidad económica a producir

En el modelo de inventarios anterior, se supone que la orden se recibe completa al mismo tiempo. No obstante, a veces las empresas reciben el inventario durante el periodo. Esos casos necesitan un modelo distinto, que no requiera la suposición de la entrega instantánea. Este modelo se aplica en dos circunstancias: **1.** cuando el inventario fluye de manera continua o se acumula durante un periodo después de colocar una orden y **2.** cuando las unidades se producen y venden en forma simultánea. Dadas estas circunstancias se toman en cuenta la tasa de producción diaria (o flujo de inventario) y la tasa de demanda diaria. En la figura 10.6 se ilustran los niveles de inventario en función del tiempo.

Modelo de la cantidad económica a producir
 Técnica para el lote económico a producir que se aplica a las órdenes de producción.

Como este modelo es particularmente adecuado para los entornos de producción, se conoce como **modelo de la cantidad económica a producir**. Es útil cuando el inventario se acumula de manera continua en el tiempo y se cumplen las suposiciones tradicionales de la cantidad óptima a ordenar. Este modelo se obtiene igualando el costo de ordenar o preparar al costo de mantener y despejando el tamaño del lote óptimo, Q^* . Usando los siguientes símbolos es posible determinar la expresión del costo anual de mantener inventario para la cantidad económica a producir:

- Q = número de piezas por orden
- H = costo anual de mantener inventario por unidad
- p = tasa de producción diaria
- d = tasa de demanda diaria o tasa de uso
- t = longitud de la corrida de producción en días

1. $\left(\text{Costo anual de mantener inventario} \right) = (\text{Nivel de inventario promedio}) \times \left(\text{Costo de mantener por unidad por año} \right)$
2. $\left(\text{Nivel de inventario promedio} \right) = (\text{Nivel de inventario máximo})/2$
3. $\left(\text{Nivel de inventario máximo} \right) = \left(\text{Total producido durante la corrida de producción} \right) - \left(\text{Total usado durante la corrida de producción} \right)$
 $= pt - dt$

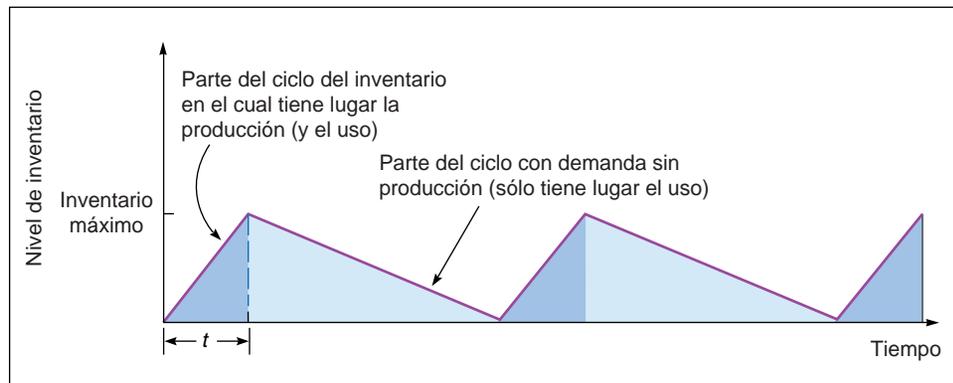
Sin embargo, Q = total producido = pt , y así $t = Q/p$. Por lo tanto,

$$\begin{aligned} \text{Nivel de inventario máximo} &= p\left(\frac{Q}{p}\right) - d\left(\frac{Q}{p}\right) \\ &= Q - \frac{d}{p}Q \\ &= Q\left(1 - \frac{d}{p}\right) \end{aligned}$$

4. Costo anual de mantener inventario (o simplemente costo de mantener) = $\frac{\text{Nivel de inventario máximo}}{2} (H) = \frac{Q}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{p}\right) \right] H$

FIGURA 10.6 ■

Cambio en los niveles de inventario con el tiempo para el modelo de producción



Intermec Technologies emplea lectores de códigos de barras para automatizar el control del inventario en sus instalaciones de producción y distribución. Los códigos de barras hacen que el proceso de recolección de datos sea más preciso, rápido y económico. Con la rápida obtención de datos, los envíos se comprueban contra los registros de producción y las facturas de venta, para verificar la precisión del inventario y reducir las pérdidas. El escáner que se ilustra en la fotografía tiene una conexión inalámbrica con la computadora central.



Una diferencia importante entre el modelo de la cantidad económica a producir y el modelo básico EOQ es el costo de mantener anual, el cual se reduce en el modelo de la cantidad a producir.

Empleando esta expresión para el costo de mantener y la expresión para el costo de ordenar o preparar desarrollada en el modelo básico EOQ, se encuentra el número óptimo de piezas por lote al igualar el costo de preparar al costo de mantener:

$$\begin{aligned} \text{Costo de preparar} &= (D/Q)S \\ \text{Costo de mantener} &= \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)] \end{aligned}$$

Se hace el costo de ordenar igual al costo de mantener para obtener Q_p^* :

$$\begin{aligned} \frac{D}{Q}S &= \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)] \\ Q^2 &= \frac{2DS}{H[1 - (d/p)]} \\ Q_p^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \end{aligned} \tag{10-7}$$

En el ejemplo 8 se usa la ecuación para Q_p^* , para encontrar el lote o la cantidad de producción óptima cuando el inventario se consume mientras se produce.

Ejemplo 8

Nathan Manufacturing, Inc., produce y vende tapones especiales para el mercado de refacciones de automóviles. De acuerdo con el pronóstico de Nathan, el próximo año habrá una demanda de 1,000 unidades, con una demanda promedio de 4 unidades por día. No obstante, como el proceso de producción es más eficiente en 8 unidades por día, la compañía produce 8 al día, pero utiliza sólo 4 al día. Con los siguientes valores, encuentre el número óptimo de unidades por lote. (Nota: Esta planta programa la producción de estos tapones sólo cuando se necesitan; el taller opera 250 días hábiles al año.)

- Demanda anual = $D = 1,000$ unidades
- Costos de preparar = $S = \$10$
- Costo de mantener = $H = \$0.50$ por unidad por año
- Tasa de producción diaria = $p = 8$ unidades diarias
- Tasa de demanda diaria = $d = 4$ unidades diarias

$$\begin{aligned} Q_p^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \\ Q_p^* &= \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{0.50[1 - (4/8)]}} \\ &= \sqrt{\frac{20,000}{0.50(1/2)}} = \sqrt{80,000} \\ &= 282.8 \text{ tapones o } 283 \text{ tapones} \end{aligned}$$

AO EN ACCIÓN

Precisión en el inventario de Milton Bradley

Milton Bradley, una división de Hasbro, Inc., fabrica juguetes desde hace más de 100 años. La compañía fue fundada por Milton Bradley en 1860 y comenzó haciendo una litografía de Abraham Lincoln. Usando sus habilidades de impresor, Bradley desarrolló juegos como el Juego de la Vida, Serpientes y Escaleras, Tierra de Dulce, Scrabble y Lite Brite. En la actualidad, la compañía produce cientos de juegos para los que se necesitan miles de millones de partes de plástico.

Una vez que Milton Bradley determina los lotes óptimos para cada corrida de producción, debe fabricarlos y ensamblarlos para que formen parte del juego adecuado. De hecho, ciertos juegos requieren cientos de partes de plástico, como perinolas, hoteles, personas, animales y carros, entre otras. De acuerdo con el director de manufactura, Gary Brennan, obtener el número correcto de piezas para los juguetes y la línea de producción correctos es el factor más importante para la credibilidad de la compañía. Algunas órdenes significan el envío de más de 20,000 juegos per-

fectamente ensamblados a los almacenes del cliente en cuestión de días.

Los juegos con un número incorrecto de piezas provocan descontento de los clientes. También lleva tiempo y es costoso para Milton Bradley surtir las piezas faltantes o que regresen juegos o juguetes. Si se encuentran faltantes durante la etapa de ensamble, la corrida completa de producción debe detenerse hasta corregir el problema. El conteo manual o mecánico de partes no siempre es exacto. En consecuencia, ahora Milton Bradley pesa las piezas y los juegos completos con la finalidad de determinar si contienen el número correcto de piezas. Si el peso no es exacto, hay un problema que debe resolverse antes de que salga el embarque. Gracias al uso de básculas digitales de gran precisión, Milton Bradley es capaz de colocar las piezas correctas en el juego correcto en el momento correcto. Sin esta simple innovación, no tiene sentido el programa de producción más elaborado.

Fuentes: *Wall Street Journal* (15 de abril de 1999): B1; y *Plastics World* (marzo de 1997): 22-26.

Tal vez quiera comparar esta solución con la respuesta del ejemplo 3. Al eliminar la suposición de entrega instantánea, donde $p = 8$ y $d = 4$, el resultado es un incremento en Q^* , de 200 a 283 en el ejemplo 3. Dicho incremento en Q^* se debe a que el costo de mantener baja de \$.50 a $(.50 \times \frac{1}{2})$, haciendo que un lote mayor sea óptimo. Asimismo observe que

$$d = 4 = \frac{D}{\text{Número de días que opera la planta}} = \frac{1,000}{250}$$

También es posible calcular Q_p^* cuando se dispone de datos *anuales*. El uso de los datos anuales permite expresar Q_p^* como

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{tasa de demanda anual}}{\text{tasa de producción anual}}\right)}} \quad (10-8)$$

Descuento por cantidad

Precio reducido de los artículos que se compran en grandes cantidades.

Modelos de descuentos por cantidad

Para aumentar sus ventas, muchas compañías ofrecen a sus clientes descuentos por cantidad. Un **descuento por cantidad** es simplemente un precio (P) de un artículo reducido por la compra de grandes cantidades. Los programas de descuento con varios descuentos no son raros en órdenes grandes. En la tabla 10.2 se presenta un programa típico de descuentos por cantidad. Como se observa en la tabla, el precio normal del artículo es \$5. Sin embargo, cuando se piden a un mismo tiempo de 1,000 a 1,999 unidades, el precio por unidad baja a \$4.80; cuando la orden es de 2,000 o más unidades, el precio unitario es \$4.75. Como siempre, la administración debe decidir cuánto y cuándo ordenar. Sin embargo, frente a la oportunidad de ahorrar dinero con los descuentos por cantidad, ¿cómo toma esta decisión el administrador de operaciones?

TABLA 10.2 ■

Programa de descuentos por cantidad

| NÚMERO DE DESCUENTO | CANTIDAD PARA EL DESCUENTO | DESCUENTO (%) | PRECIO DE DESCUENTO (P) |
|---------------------|----------------------------|---------------|-----------------------------|
| 1 | De 0 a 999 | Sin descuento | \$5.00 |
| 2 | De 1,000 a 1,999 | 4 | \$4.80 |
| 3 | A partir de 2,000 | 5 | \$4.75 |

Igual que en otros modelos de inventarios analizados, la meta global es minimizar el costo total. Dado que el costo unitario para el tercer descuento en la tabla 10.2 es el más bajo, usted podría interesarse en comprar 2,000 unidades o más, sólo para aprovechar el costo más bajo del producto. Sin embargo, hacer una orden por esa cantidad podría no minimizar el costo total de su inventario, aun con el precio de descuento. Con toda seguridad, cuanto más sube la cantidad de descuento más baja el costo del producto. Pero los costos de mantener suben porque las órdenes son más grandes. Por lo tanto, en los descuentos por cantidad el trueque más importante es entre *un costo reducido del producto y un costo de mantener más alto*. Cuando se incluye el costo del producto, la ecuación para el costo total anual del inventario se calcula como sigue:

Costo total = costo de ordenar + costo de mantener + costo del producto

o

$$TC = \frac{D}{Q} S + \frac{QH}{2} + PD \tag{10-9}$$

- donde
- Q = cantidad ordenada
 - D = demanda anual en unidades
 - S = costo de ordenar o preparar por orden o por preparación
 - P = precio por unidad
 - H = costo de mantener por unidad por año

Ahora debemos determinar la cantidad que minimizará el costo total anual del inventario. Como existen varios descuentos, el proceso comprende cuatro pasos:

Paso 1: Para cada descuento, calcule el valor del tamaño óptimo de la orden Q^* , mediante la siguiente ecuación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}} \tag{10-10}$$

Observe que el costo de mantener se expresa como IP en lugar de H . Ya que el precio del artículo es un factor del costo anual de mantener, no es posible suponer un costo de mantener inventario constante cuando el precio unitario cambia para cada descuento por cantidad. Por lo tanto, es común expresar el costo de mantener (I) como porcentaje del precio unitario (P), y no como un costo constante anual por unidad, H .

Paso 2: Para cualquier descuento, si la cantidad de la orden es muy baja para calificar para el descuento, ajuste la cantidad hacia arriba hasta la *menor* cantidad que califica. Por ejemplo, si Q^* para el descuento 2 de la tabla 10.2 fuera de 500 unidades, se ajustaría su valor a 1,000 unidades. Observe el segundo descuento en la tabla 10.2. Califican para 4% de descuento las órdenes que están entre 1,000 y 1,999 unidades. Entonces, si Q^* es menor que 1,000, la cantidad de la orden debe ajustarse a 1,000 unidades.

Quizás el razonamiento del paso 2 no sea evidente. Si la cantidad de la orden, Q^* , está abajo del intervalo que califica para el descuento, tal vez alguna cantidad dentro de este intervalo todavía dé el costo total más bajo.

Como se ilustra en la figura 10.7, la curva del costo total se descompone en tres curvas de costo total diferentes. Hay una curva de costo total para el primer descuento ($0 \leq Q \leq 999$), otra para el segundo ($1000 \leq Q \leq 1999$) y una más para el tercero ($Q \geq 2000$). Observe la curva del costo total (CT) para el descuento 2. El valor Q^* está abajo del intervalo del descuento 2, que va de 1,000 a 1,999 unidades. Como se ilustra en la figura, la cantidad menor permitida en este intervalo, 1,000 unidades, es la que minimiza el costo total. En consecuencia, el segundo paso es necesario para asegurar que no se descartará una orden que podría generar el costo mínimo. Note que podría descartarse un lote económico calculado en el paso 1 que fuera *mayor* que el intervalo que califica para el descuento.

Paso 3: Con la ecuación del costo total anterior, calcule un costo total para cada Q^* determinada en los pasos 1 y 2. Si fue necesario ajustar Q^* hacia arriba por ser menor que el intervalo de la cantidad aceptable, asegúrese de emplear el valor ajustado para Q^* .

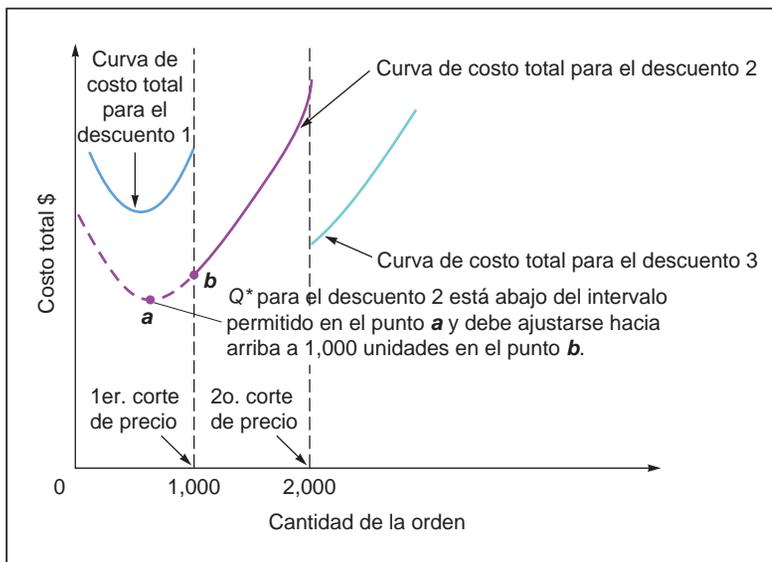
Paso 4: Seleccione la Q^* con el costo total más bajo, según se calculó en el paso 3. Ésta será la cantidad que minimiza el costo total del inventario.

Veamos cómo aplicar este procedimiento con un ejemplo.

No olvide ajustar hacia arriba la cantidad a ordenar, si ésta es demasiado baja para calificar para el descuento.

FIGURA 10.7 ■

Curva de costo total para el modelo de descuentos por cantidad



Ejemplo 9

Wohl's Discount Store tiene en inventario carritos de carreras. Recientemente le ofrecieron un programa de descuentos por cantidad para estos juguetes. El programa se presenta en la tabla 10.2. El costo normal de los carritos es de \$5.00. Para órdenes entre 1,000 y 1,999 unidades, el costo unitario baja a \$4.80; para 2,000 unidades o más, el costo unitario es sólo \$4.75. Además, el costo de ordenar es de \$49.00 por orden, la demanda anual es de 5,000 carritos y el cargo por mantener el inventario como porcentaje del costo, *I*, es de 20% o 0.20. ¿Qué cantidad ordenada minimizará el costo total del inventario?

El primer paso consiste en calcular Q^* para cada descuento de la tabla 12.2. Esto se hace como sigue:

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(.2)(5.00)}} = 700 \text{ carritos ordenados}$$

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(.2)(4.80)}} = 714 \text{ carritos ordenados}$$

$$Q_3^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(.2)(4.75)}} = 718 \text{ carritos ordenados}$$

El segundo paso es ajustar hacia los valores de Q^* menores que el intervalo permitido para el descuento. Q_1^* está entre 0 y 999 y no es necesario ajustarlo. Ya que Q_2^* está abajo del intervalo de 1,000 a 1,999, debe ajustarse a 1,000 unidades. De igual forma, Q_3^* debe ajustarse a 2,000 unidades. Después de este paso, las siguientes cantidades a ordenar tienen que probarse en la ecuación del costo total:

$$Q_1^* = 700$$

$$Q_2^* = 1,000\text{—ajustada}$$

$$Q_3^* = 2,000\text{—ajustada}$$

El tercer paso es usar la ecuación del costo total y calcular el costo total para cada cantidad a ordenar. Este paso se desarrolla con ayuda de la tabla 10.3, que contiene los cálculos para cada nivel de descuento presentado en la tabla 10.2.

TABLA 10.3 ■ Cálculos del costo total para Wohl's discount store

| NÚMERO DE DESCUENTO | PRECIO POR UNIDAD | CANTIDAD A ORDENAR | COSTO ANUAL DEL PRODUCTO | COSTO ANUAL DE ORDENAR | COSTO ANUAL DE MANTENER | TOTAL |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------|
| 1 | \$5.00 | 700 | \$25,000 | \$350 | \$350 | \$25,700 |
| 2 | \$4.80 | 1,000 | \$24,000 | \$245 | \$480 | \$24,725 |
| 3 | \$4.75 | 2,000 | \$23,750 | \$122.50 | \$950 | \$24,822.50 |

En el cuarto paso se selecciona la cantidad a ordenar con el menor costo total. Si observa la tabla 10.3, verá que una orden de 1,000 carritos minimizará el costo total. No obstante, el costo total de una orden de 2,000 carritos es apenas un poco mayor que el costo total de 1,000. Así, si el costo con el tercer descuento baja, por ejemplo a \$4.65, entonces esta cantidad sería la que minimice el costo total del inventario.

MODELOS PROBABILÍSTICOS CON TIEMPO DE ENTREGA CONSTANTE

Todos los modelos de inventario analizados suponen que la demanda de un producto es constante y cierta. Ahora se relajará esta suposición. Los siguientes modelos de inventario se aplican cuando la demanda del producto no se conoce, pero sí se especifica mediante una distribución de probabilidad. Este tipo de modelos se denominan **modelos probabilísticos**.

Una de las principales preocupaciones de la administración es mantener un nivel de servicio adecuado ante la demanda incierta. El **nivel de servicio** es el *complemento* de la probabilidad de faltantes. Por ejemplo, si la probabilidad de que ocurra un faltante es 0.05, entonces el nivel de servicio es 0.95. Cuando la demanda es incierta la posibilidad de faltantes aumenta. Una de las técnicas para reducir los faltantes consiste en mantener en inventario unidades adicionales. Como se indicó, nos referimos a éste como inventario de seguridad e implica agregar cierto número de unidades al punto de reorden, como un amortiguador. Como recordará del análisis anterior:

$$\text{Punto de reorden} = \text{ROP} = d \times L$$

donde d = demanda diaria
 L = tiempo de entrega de la orden o número de días hábiles necesarios para la entrega

Incluir un inventario de seguridad (is) cambia la expresión

$$\text{ROP} = d \times L + is \tag{10-11}$$

La cantidad de inventario de seguridad depende del costo de incurrir en faltantes y costo de mantener el inventario adicional. El costo anual por faltantes se calcula como sigue:

$$\text{Costo anual por faltantes} = \text{suma de las unidades faltantes} \times \text{la probabilidad} \times \text{el costo de faltantes/unidad} \times \text{el número de órdenes por año} \tag{10-12}$$

En el ejemplo 10 se ilustra este concepto.

Ejemplo 10

David Rivera Optical determinó que 50 unidades ($d \times L$) es el punto de reorden para los armazones de lentes. Su costo de mantener por armazón por año es de \$5, y el de faltantes (o la pérdida de una venta es de \$40 por armazón. Durante el periodo de reorden, la tienda ha experimentado la siguiente distribución de probabilidad para la demanda del inventario. El número óptimo de órdenes por año es seis.

| | NÚMERO DE UNIDADES | PROBABILIDAD |
|-------|--------------------|--------------|
| | 30 | .2 |
| | 40 | .2 |
| ROP → | 50 | .3 |
| | 60 | .2 |
| | 70 | .1 |
| | | 1.0 |

¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener David Rivera?

SOLUCIÓN

La meta es encontrar el inventario de seguridad que minimiza la suma de los costos de mantener el inventario adicional y los costos por faltantes. El costo anual de mantener es simplemente el costo de mantener una unidad multiplicado por las unidades añadidas al ROP. Por ejemplo, un inventario de seguridad de 20 armazones, —es decir, el nuevo ROP con inventario de seguridad, es 70 (= 50 + 20)— eleva el costo anual de manejo en $\$5(20) = \100 .

Modelo probabilístico

Modelo estadístico que se aplica cuando la demanda del producto o cualquiera otra variable se desconoce, pero es posible especificarla por medio de una distribución de probabilidad.

Nivel de servicio

Complemento de la probabilidad de que ocurran faltantes.

El cálculo del costo anual por faltantes es más interesante. Para cualquier nivel de inventario de seguridad, el costo de que ocurra un faltante es el costo esperado de que se agote el artículo. Se calcula como en la ecuación 12-12, multiplicando el número de armazones faltantes por la probabilidad de la demanda en ese nivel, por el costo del faltante, por el número de veces al año que ocurre el faltante (que en nuestro caso es el número de órdenes por año). Después se agregan los costos para cada nivel posible de faltantes para un ROP dado. Por ejemplo, con un inventario de seguridad de 0, un faltante de 10 armazones ocurrirá si la demanda es 60, y un faltante de 20 armazones ocurrirá si la demanda es 70. Por lo tanto, los costos por faltantes para un inventario de seguridad de cero son

$$(\text{faltante de 10 armazones})(.2)(\$40 \text{ por faltante})(6 \text{ posibilidades de faltantes por año}) + (\text{faltante de 20 armazones})(.1)(\$40)(6) = \$960$$

La siguiente tabla resume los costos totales de cada alternativa:

| INVENTARIO DE SEGURIDAD | COSTO DE MANTENER ADICIONAL | COSTO POR FALTANTES | COSTO TOTAL |
|-------------------------|-----------------------------|---|-------------|
| 20 | (20) (\$5) = \$100 | \$ 0 | \$100 |
| 10 | (10) (\$5) = \$ 50 | (10) (.1) (\$40) (6) = \$240 | \$290 |
| 0 | \$ 0 | (10) (.2) (\$40) (6) + (20) (.1) (\$40) (6) = \$960 | \$960 |

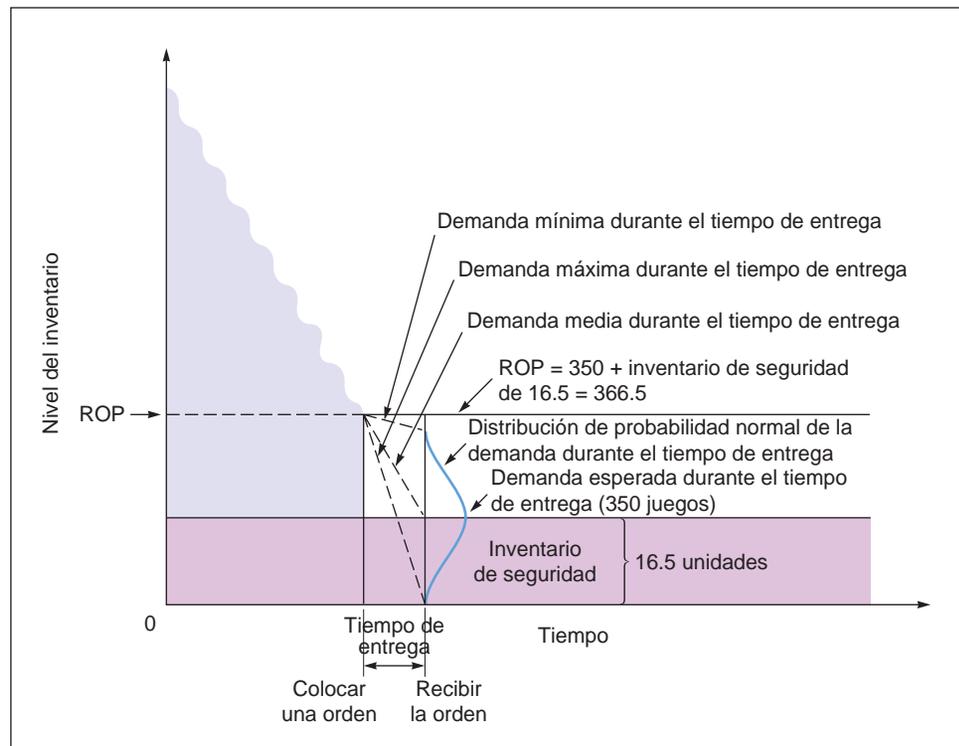
El inventario de seguridad con el menor costo total es de 20 armazones. Así, este inventario de seguridad cambia el punto de reorden a $50 + 20 = 70$ armazones.

Cuando resulta difícil o imposible determinar el costo de quedarse sin existencias, el administrador tiene que decidir seguir la política de mantener un inventario de seguridad suficiente para satisfacer un nivel recomendable de servicio al cliente. Por ejemplo, en la figura 10.8 se describe el uso del inventario de seguridad cuando la demanda (de juegos de resucitadores para hospital) es probabilística. Vemos que el inventario de seguridad en la figura 10.8 es 16.5 unidades y que el punto de reorden también se incrementa en 16.5.

El administrador podría definir su nivel de servicio como satisfacer 95% de la demanda (o inversamente, tener faltantes sólo 5% del tiempo). Si se supone que durante el tiempo de entrega (el periodo de reorden) la demanda sigue una curva normal, sólo se necesitan la media y la desviación estándar para definir los requerimientos de inventario en cualquier nivel de servicio. En general, los datos de ventas son adecuados para calcular la media y la desviación estándar. En el siguiente ejemplo usamos una curva nor-

FIGURA 10.8 ■ Demanda probabilística para un artículo de hospital

El número esperado de juegos necesarios durante el tiempo de entrega es 350, pero para un nivel de servicio de 95% el punto de reorden debe elevarse a 366.5.



mal con media (μ) y desviación estándar (σ) conocidas, con la finalidad de determinar el punto de reorden y el inventario de seguridad necesarios para un nivel de servicio de 95%. Se usa la siguiente fórmula:

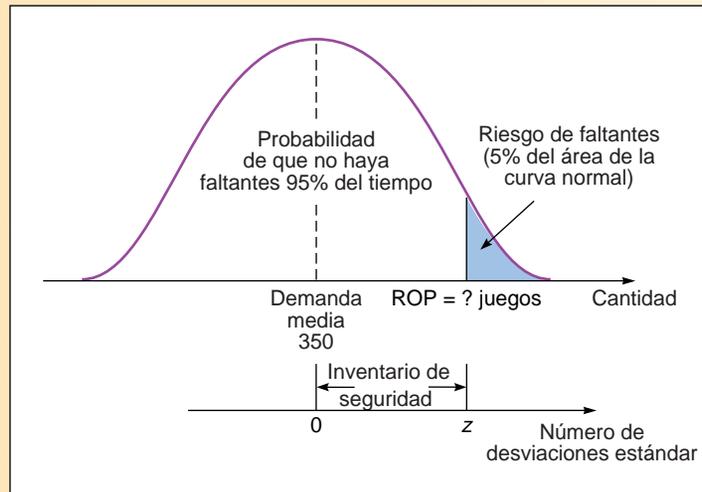
$$ROP = \text{demanda esperada durante el tiempo de entrega} + Z\sigma \tag{10-13}$$

donde Z = número de desviaciones estándar
 σ = desviación estándar de la demanda en el tiempo de entrega

Ejemplo 11

El Hospital Regional de Memphis tiene en inventario de juegos de resucitación de “código azul”, con una demanda distribuida normalmente durante el periodo de reorden. La demanda media (promedio) durante el periodo de reorden es 350 juegos, y la desviación estándar es 10 juegos. El administrador del hospital quiere aplicar medidas para que sólo se agote el inventario 5% del tiempo.

a) ¿Cuál es el valor apropiado de Z ? b) ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener el hospital? c) ¿Qué punto de reorden le convendría fijar? La siguiente figura ayudará a visualizar el ejemplo:



El costo de la política de inventario aumenta en forma drástica con el incremento en los niveles de servicio. De hecho, los costos de inventario crecen exponencialmente cuando aumentan los niveles de servicio.

μ = demanda media = 350 juegos
 σ = desviación estándar = 10 juegos
 Z = número de desviaciones estándar normal

SOLUCIÓN

a. Las propiedades de la curva normal estandarizada se usan para obtener un valor Z para un área bajo la curva normal de .95 (o $1 - .05$). A partir de una tabla normal, encontramos un valor Z de 1.65 desviaciones estándar de la media.

b. Inventario de seguridad = $x - \mu$

Porque
$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Entonces Inventario de seguridad = $Z\sigma$ (10-14)

Al calcular el inventario de seguridad, como en la ecuación 12-14, se obtiene

$$\text{Inventario de seguridad} = 1.65(10) = 16.5 \text{ juegos}$$

Ésta es la situación que se ilustra en la figura 12.8.

c. El punto de reorden es

$$\begin{aligned} ROP &= \text{demanda esperada durante el tiempo de entrega} + \text{inventario de seguridad} \\ &= 350 \text{ juegos} + 16.5 \text{ juegos del is} = 366.5, \text{ o } 367 \text{ juegos} \end{aligned}$$

Las ecuaciones 10-13 y 10-14 suponen que se conocen tanto una estimación de la demanda esperada durante los tiempos de reorden como su desviación estándar. Cuando *no* se cuenta con los datos del tiempo de entrega, no hay que aplicar estas fórmulas pero sí debemos determinar si: a) la demanda es variable y el tiempo de entrega es constante, o b) si sólo el tiempo de entrega es variable, o c) si ambos, tiempo de

entrega y demanda, son variables. En cada una de estas situaciones, el cálculo del ROP necesita una fórmula distinta.⁸

SISTEMAS DE PERIODO FIJO (P)

Sistema de cantidad fija (Q)

Sistema EOQ para ordenar con la misma cantidad ordenada todas las veces.

Sistema de inventario continuo

Sistema que da seguimiento continuo a cada salida o entrada del inventario, de manera que los registros siempre están actualizados.

Sistema de periodo fijo (P)

Sistema en el que los órdenes de inventario se realizan en intervalos regulares de tiempo.

Los modelos de inventario considerados hasta ahora son **sistemas de cantidad fija** o **sistemas Q**. Es decir, la misma cantidad fija de un artículo se agrega al inventario cada vez que se coloca una orden. Observamos que un evento dispara las órdenes. Cada vez que el inventario decrece hasta el punto de reorden (ROP), se coloca una nueva orden de Q unidades.

Para usar el modelo de cantidad fija, es necesario dar seguimiento continuo al inventario. Esto se conoce como **sistema de inventario continuo**. Cada vez que un artículo entra o sale del inventario, los registros se actualizan para asegurar que no se ha alcanzado el ROP.

Por otra parte, en un **sistema P** o de **periodo fijo** las órdenes se colocan al final de un periodo dado. Entonces, y sólo entonces, se cuenta el inventario. Sólo se pide la cantidad necesaria para elevar el inventario a un nivel meta especificado. En la figura 10.9 se ilustra este concepto.

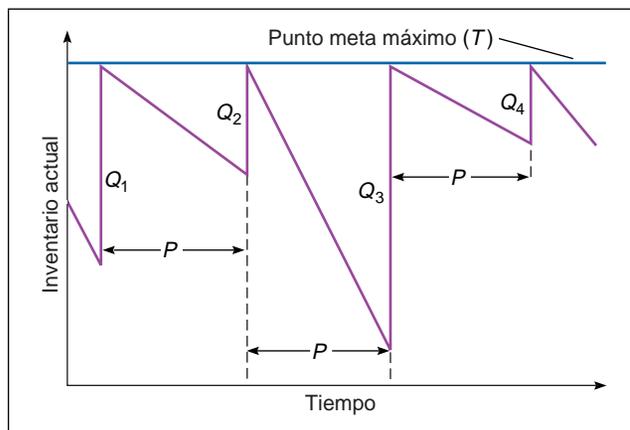
Los sistemas de periodo fijo comparten varias suposiciones con los sistemas básicos de cantidad fija EOQ:

- Los únicos costos relevantes son los costos de ordenar y mantener.
- Los tiempos de entrega son conocidos y constantes.
- Los artículos son independientes unos de otros.

La recta de pendiente decreciente de la figura 10.9 representa de nuevo el inventario que se tiene. Pero ahora, cuando transcurre el tiempo entre órdenes (P), se coloca una nueva orden para elevar el inventario al valor meta (T). La cantidad ordenada durante el primer periodo puede ser Q₁, en el segundo periodo Q₂, etcétera. El valor Q_i es la diferencia entre el inventario actual y el nivel de inventario meta. El ejemplo 12 ilustra cuánto ordenar en un sistema P sencillo.

FIGURA 10.9 ■ Nivel del inventario en un sistema de periodo fijo (P)

Se ordenan varias cantidades (Q₁, Q₂, Q₃, etcétera) a intervalos regulares de tiempo (P) según la cantidad necesaria para elevar el inventario hasta el punto meta máximo (T).



Ejemplo 12

El Hard Rock Cafe de Londres tiene en su tienda órdenes atrasadas (faltantes) de tres chamarras de cuero de piloto de guerra. No hay chamarras en inventario, tampoco se esperan órdenes anteriores y es tiempo de colocar una nueva orden. El valor meta es 50 chamarras. ¿Cuántas chamarras deben ordenarse?

SOLUCIÓN

$$\text{Cantidad a ordenar } (Q) = \text{meta } (T) - \text{inventario actual} - \text{órdenes anteriores aún no recibidos} + \text{faltantes} = 50 - 0 - 0 + 3 = 53 \text{ chamarras}$$

La ventaja del sistema de periodo fijo es que no hay un conteo físico de los artículos del inventario después de que se extrae un artículo; esto ocurre sólo cuando llega el tiempo de la siguiente revisión. Este procedimiento también es conveniente para la administración, en especial cuando el control del inventario es una más de las tareas de un empleado.

⁸a) Si sólo la demanda (d) es variable, entonces $ROP = \text{demanda diaria promedio} \times \text{tiempo de entrega en días} + Z\sigma_{dLT}$

donde $\sigma_{dLT} = \text{desviación estándar de la demanda por día} = \sqrt{\text{tiempo de entrega}} \sigma_d$

b) Si sólo el tiempo de entrega es variable, entonces $ROP = \text{demanda diaria} \times \text{tiempo de entrega promedio en días} + Z\sigma_{LT}$

c) Si ambos son variables, entonces $ROP = \text{demanda promedio diaria} \times \text{tiempo de entrega promedio} + Z$

$$\sqrt{\text{tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2 + \bar{d}^2 \sigma_{LT}^2}$$

Un sistema de periodo fijo es conveniente cuando los vendedores visitan a los clientes en forma rutinaria (es decir, en intervalos fijos) para tomar nuevas órdenes o cuando el departamento de compras desea combinar órdenes para ahorrar costos de transporte y de ordenar (por lo tanto, los artículos similares del inventario tendrán un mismo periodo de revisión). Por ejemplo, es posible que una compañía de máquinas expendedoras reabastezca sus máquinas todos los martes.

La desventaja del sistema *P* es que, como no se cuenta el inventario durante el periodo de revisión, existe la posibilidad de faltantes durante ese tiempo; situación posible si una orden grande agotara el inventario, justo después de colocar una orden. En consecuencia, es necesario mantener un nivel más alto de inventario de seguridad (en comparación con el sistema de cantidad fija) como protección contra faltantes durante el tiempo entre revisiones y de entrega.

RESUMEN

Inversión en inventario: el activo más grande de su compañía.

El inventario representa una inversión importante para muchas compañías. Esta inversión con frecuencia es mayor de lo que debería ser porque para muchas empresas es más fácil tener un inventario “por si acaso” en lugar de un inventario “justo a tiempo”. Existen cuatro tipos de inventario:

1. Materias primas y componentes comprados.
2. En proceso.
3. Mantenimiento, reparación y operación (MRO).
4. Bienes terminados.

En este capítulo se estudió el inventario independiente, el análisis ABC, la exactitud de los registros, el conteo cíclico y los modelos de inventarios que se usan para controlar demandas independientes. El modelo EOQ, el modelo de la cantidad económica a producir y el modelo de descuentos por cantidad se resuelven usando Excel OM o POM para Windows. En la tabla 10.4 se ilustra una descripción de los modelos de inventarios presentados en este capítulo.

TABLA 10.4 ■

Descripción de los modelos de demanda independiente

| | |
|---|--|
| <i>Q</i> = número de piezas por orden | <i>P</i> = precio |
| <i>EOQ</i> = tamaño óptimo del lote (<i>Q</i> [*]) | <i>I</i> = costo anual de manejo del inventario como porcentaje del precio |
| <i>D</i> = demanda anual en unidades | <i>μ</i> = media de la demanda |
| <i>S</i> = costo de ordenar o preparar para cada orden | <i>σ</i> = desviación estándar |
| <i>H</i> = costo de mantener o manejar inventario por unidad por año en dólares | <i>x</i> = demanda media + inventario de seguridad |
| <i>p</i> = tasa de producción diaria | <i>Z</i> = valor estandarizado bajo la curva normal |
| <i>d</i> = tasa de demanda diaria | |

EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (10-1)$$

Modelo de la cantidad óptima a producir EOQ:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \quad (10-7)$$

Modelo de descuentos por cantidad EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}} \quad (10-10)$$

Modelo probabilístico:

$$\text{Inventario de seguridad} = Z\sigma = x - \mu \quad (10-14)$$

Costo total para los modelos EOQ y descuentos por cantidad EOQ:

$$\begin{aligned} TC &= \text{Costo total} \\ &= \text{Costo de ordenar} + \text{costo de mantener} + \text{costo del producto} \\ &= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD \end{aligned} \quad (10-9)$$

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|--|---|
| Inventario de materias primas | Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ) |
| Inventario de trabajo en proceso (WIP) | Robusto |
| MRO | Tiempo de entrega |
| Inventario de bienes terminados | Punto de reorden (ROP) |
| Análisis ABC | Inventario de seguridad |
| Conteo cíclico | Modelo de la cantidad económica a producir |
| Merma | Descuento por cantidad |
| Robo | Modelo probabilístico |
| Costo de mantener inventario | Nivel de servicio |
| Costo de ordenar | Sistema de cantidad fija (Q) |
| Costo de preparar | Sistema de inventario continuo |
| Tiempo de preparación | Sistema de periodo fijo (P) |

USO DE EXCEL OM PARA INVENTARIOS

Excel OM permite modelar con facilidad los problemas de inventarios, desde el análisis ABC, el modelo básico EOQ, el modelo de producción y las situaciones de descuentos por cantidad. En esta sección se ilustran dos de estos modelos.

El programa 10.1 ilustra la introducción de datos, las fórmulas seleccionadas y los resultados del análisis ABC, por medio de los datos del ejemplo 1. Después de introducir los datos, empleamos los comandos de Excel, *Datos* y *Ordenar*, para clasificar los artículos de mayor a menor volumen en dólares.

Silicon Chips, Inc.

Inventory ABC Analysis

Data

| Item # | Volume | Unit cost | Dollar volume | % Dollar volume | Cumulative \$-vol % |
|-----------|--------|-----------|---------------|-----------------|---------------------|
| 8 #10286 | 1000 | 90 | 90000 | 38.78% | 38.78% |
| 9 #11526 | 500 | 154 | 77000 | 33.18% | 71.97% |
| 10 #12760 | 1550 | 17 | 26350 | 11.35% | 83.32% |
| 11 #10867 | 350 | 42.86 | 15001 | 6.46% | 89.78% |
| 12 #10500 | 1000 | 12.5 | 12500 | 5.39% | 95.17% |
| 13 #12572 | 600 | 14.17 | 8502 | 3.66% | 98.83% |
| 14 #14075 | 2000 | 0.6 | 1200 | 0.52% | 99.35% |
| 15 #01036 | 100 | 8.5 | 850 | 0.37% | 99.72% |
| 16 #01307 | 1200 | 0.42 | 504 | 0.22% | 99.94% |
| 17 #10572 | 250 | 0.6 | 150 | 0.06% | 100.00% |
| 18 | | | Total | 232057 | |

Results

Formulas and callouts:

- Introduzca el nombre o el número del artículo, su volumen de ventas y el costo unitario en las columnas A, B y C.
- Calcule el volumen total en dólares para cada artículo. = B8*C8
- Calcule el porcentaje del gran total del volumen en dólares para cada artículo. = E8/E18
- Introduzca el volumen y los costos en la tabla de datos. Después de introducir todos los datos, seleccione las columnas A a E de la tabla de datos y vaya a DATA, SORT.
- Los volúmenes en dólares acumulados en la columna G sólo tienen sentido después de clasificar los artículos por su volumen en dólares. Marque de la celda A7 a la E17 y después use los comandos Datos y Ordenar del menú de Excel. Elija el orden descendente para el volumen en dólares. (Estos datos se introdujeron ya clasificados.) = SUMA(\$F\$8:F8)
- Total = SUMA(E8:E17)

PROGRAMA 10.1 ■ Uso de Excel OM para el análisis ABC con los datos del ejemplo 1

Ilustramos el modelo de inventario de producción en el programa 10.2 con los datos del ejemplo 8. En el programa 10.2, aparecen la introducción de datos, las fórmulas de Excel seleccionadas y los resultados (incluso una gráfica opcional de tamaño del lote contra costo).

Nathan Manufacturing, Inc.

Production Order Quantity Model

Data

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Demand rate, D | 1000 |
| Setup cost, S | 10 |
| Holding cost, H | 0.5 (fixed amount) |
| Daily production rate, p | 8 |
| Daily demand rate, d | 8 |
| Unit price, P | 200 |

Results

| | |
|---------------------------------|--------|
| Optimal production quantity, Q* | 400 |
| Maximum Inventory | 100 |
| Average Inventory | 50 |
| Number of Setups | 2.5 |
| Holding cost | 25 |
| Setup cost | 25 |
| Unit costs | 200000 |
| Total cost, T _c | 200050 |

Inventory. Cost vs. Quantity

Graph showing Cost (\$) vs. Order Quantity (Q). Legend: Setup cost, Holding cost, Total cost.

Formulas and callouts:

- Introduzca los datos en el área sombreada. Puede ser laborioso introducir la tasa de producción diaria.
- Observe que el costo de mantener es una cantidad fija en dólares en lugar de un porcentaje del precio unitario.
- Formula for Q*: $= \text{SQRT}((2*B6*B7)/(B8*(1 - B10/B9)))$
- Formula for Average Inventory: $= B15/2$
- Formula for Holding cost: $= B6/B14$
- Formula for Total cost: $= B19 + B20 + B22$
- Formula for Total cost: $= B11*B6$
- Formula for Total cost: $= B14*(B9 - B10)/B9$
- Los datos para la gráfica se encuentran después de la fila 25.

PROGRAMA 10.2 ■ Uso de Excel OM para un modelo de producción con los datos del ejemplo 8



USO DE POM PARA WINDOWS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE INVENTARIOS

Con el módulo de inventarios de POM para Windows se resuelve la familia de problemas EOQ, así como de administración de inventarios ABC.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 10.1

Warren W. Fisher Computer Corporation compra 8,000 transistores cada año como componentes para sus microcomputadoras. Cada transistor tiene un costo unitario de \$10 y el costo de manejar cada transistor en el inventario durante un año es \$3. El costo de ordenar es \$30 por pedido.

Calcule: a) el tamaño del lote óptimo, b) el número esperado de órdenes colocadas cada año y c) el tiempo esperado entre órdenes. Suponga que Fisher opera 200 días al año.

SOLUCIÓN

$$(a) \quad Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(8,000)(30)}{3}} = 400 \text{ unidades}$$

$$(b) \quad N = \frac{D}{Q^*} = \frac{8,000}{400} = 20 \text{ órdenes}$$

$$(c) \quad \text{Tiempo entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días hábiles}}{N} = \frac{200}{20} = 10 \text{ días hábiles}$$

Por lo tanto, cada 10 días se coloca una orden de 400 transistores. Entonces, es de esperarse que se coloquen 20 órdenes cada año.

Problema resuelto 10.2

La demanda anual de forros para cuaderno en Salinas Stationery Shop es de 10 mil unidades. Teresita Salinas opera su negocio 300 días al año y

considera que las entregas de su proveedor generalmente toman 5 días hábiles. Calcule el punto de reorden para los forros de cuaderno.

SOLUCIÓN

$$L = 5 \text{ días}$$

$$d = \frac{10,000}{300} = 33.3 \text{ unidades por día}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= d \times L = (33.3 \text{ unidades por día})(5 \text{ días}) \\ &= 166.7 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Por lo tanto, Teresita debe reordenar cuando el inventario llega a 167 unidades.

Problema resuelto 10.3

Leonard Presby, Inc., tiene tasa de demanda anual de 1,000 unidades, pero su tasa de producción es 2,000 unidades. Su costo de preparación es

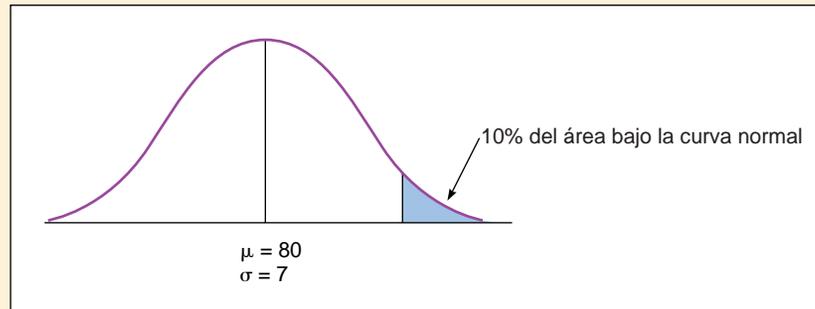
\$10 y el costo de manejar el inventario es \$1. ¿Cuál es el número óptimo de unidades que debe producir cada vez?

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned} Q^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{tasa de demanda anual}}{\text{tasa de producción anual}}\right)}} = \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{1[1 - (1,000/2,000)]}} \\ &= \sqrt{\frac{20,000}{1/2}} = \sqrt{40,000} = 200 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Problema resuelto 10.4

¿Qué inventario de seguridad debe mantener Ron Satterfield Corporation si 80 es la media de ventas durante el periodo de reorden, la desviación estándar es 7 y Ron puede tolerar faltantes 10% del tiempo?

SOLUCIÓN

De acuerdo con el apéndice I, Z en un área de .9 (o $1 - .10$) = 1.28

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{is}{\sigma}$$

$$is = Z\sigma$$

$$= 1.28(7) = 8.96 \text{ unidades o } 9 \text{ unidades}$$

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido por una compañía virtual
- Problemas de tarea en Internet
- Casos en Internet

**PREGUNTAS PARA ANALIZAR**

1. Describa los cuatro tipos de inventario.
2. Con el auge de la computación de bajo costo, ¿ve alternativas para los populares grupos ABC?
3. ¿Cuál es el propósito del sistema de clasificación ABC?
4. Identifique y explique los tipos de costo involucrados en un sistema de inventarios.
5. Exponga las suposiciones más importantes del modelo básico EOQ.
6. ¿Cuál es la relación del lote económico con la demanda? ¿Con el costo de mantener inventarios? ¿Con el costo de preparar?
7. Explique por qué no es necesario incluir el costo del producto (precio o precio multiplicado por cantidad) en el modelo EOQ, y sí lo es en el modelo de descuentos por cantidad.
8. ¿Cuáles son las ventajas del conteo cíclico?
9. ¿Qué efecto tiene en el EOQ la disminución del tiempo de preparación?
10. Cuando se ofrecen descuentos por cantidad, ¿por qué no es necesario revisar los puntos de descuento menores que el EOQ, o los puntos mayores que el EOQ que no son puntos de descuento?
11. ¿Qué se entiende por *nivel de servicio*?

12. Explique la siguiente afirmación: “si todo permanece igual, la cantidad del inventario de producción será mayor que la cantidad económica a ordenar”.
13. Describa la diferencia entre un sistema de inventarios de cantidad fija (Q) y uno de período fijo (P).
14. Explique qué significa la expresión “modelo robusto”. Qué le diría a un gerente que se lamenta: “¡estamos en problemas! Calculamos mal el EOQ. La demanda real es 10% mayor que la que esperábamos”.
15. ¿Qué es inventario de seguridad? ¿Cuál es la protección que ofrece el inventario de seguridad?
16. Cuando la demanda no es constante, el punto de reorden es una función de cuatro parámetros, ¿cuáles son?
17. ¿Cómo se da seguimiento a los niveles de inventario en las tiendas?
18. Plantee las principales ventajas y desventajas de un sistema de período fijo (P).

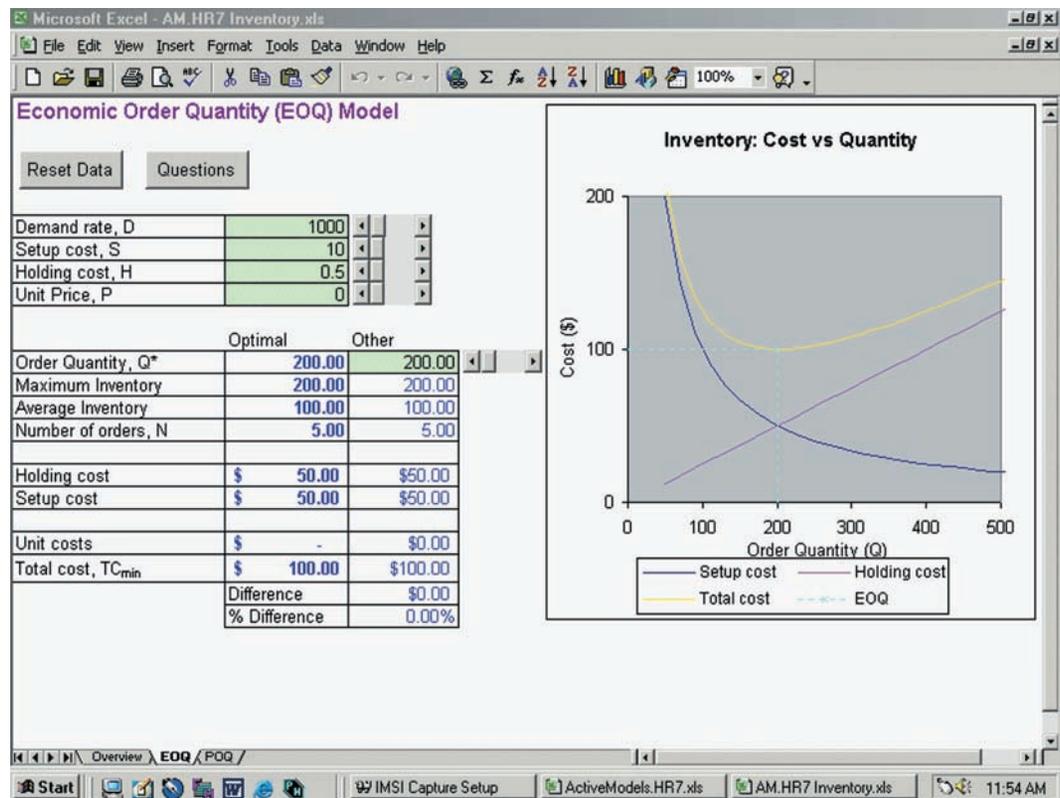
EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

El Hospital Wayne Hills, en el pequeño pueblo de Wayne, Nebraska, tiene un problema que afecta por igual a pequeños y grandes hospitales urbanos, incluso los más alejados, como éste. El problema es decidir cuánta sangre de cada tipo debe tener en inventario. Por el alto costo de la sangre y su corto tiempo de vida en almacenamiento (hasta 5 semanas en refrigeración entre 1 y 6 °C), es comprensible que Wayne Hills desee mantener el inventario tan bajo como sea posible. Sin embargo, los desastres sufridos en el pasado, como un tornado y el descarrilamiento de un tren, demostraron

que se pierden vidas cuando no se dispone de sangre suficiente para hacer frente a necesidades masivas. El administrador del hospital quiere establecer 85% de nivel de servicio con base en la demanda durante la última década. Analice las implicaciones de esta decisión. ¿Cuál es la responsabilidad del hospital respecto de mantener en el inventario medicamentos necesarios para salvar vidas aun cuando su vida útil en almacenamiento sea breve? ¿Cómo establecería usted el nivel del inventario para bienes de consumo como la sangre?

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

En este modelo activo se exploran los principios de una decisión de inventarios típica y la susceptibilidad del modelo ante los cambios en la demanda y los costos. Se usan los datos de los ejemplos 3, 4 y 5.



MODELO ACTIVO 10.1 ■

Análisis EOQ de los datos en los ejemplos 3, 4 y 5 para Sharp Inc.

Preguntas

1. ¿Cuál es el lote económico (EOQ) y cuál es el costo total más bajo?
2. ¿Qué es el costo anual por *manejo* de inventario en el EOQ y el costo anual de *ordenar* inventario con un EOQ de 200 unidades?
3. Respecto de la gráfica, ¿qué concluye acerca de la relación entre el costo total más bajo y los costos de ordenar y manejar el inventario?

4. ¿Cuánto se incrementa el costo total si el gerente de la tienda solicita 50 agujas hipodérmicas más que el EOQ? ¿Y cuánto con 50 agujas hipodérmicas menos?
5. Si la demanda se duplica, ¿qué ocurre con el lote económico y el costo total? ¿Qué sucede si se duplica el costo de manejar inventario?
6. Recorra la línea por los valores de costo de preparación más bajos y describa los cambios en la gráfica. ¿Qué ocurre con el EOQ?
7. Comente la sensibilidad del modelo EOQ a los errores de estimación de la demanda o los costos.

 **PROBLEMAS***

P_x 10.1 George Walker compiló la siguiente tabla de seis artículos en inventario junto con el costo por unidad y la demanda anual en unidades.

| CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN | COSTO UNITARIO (\$) | DEMANDA ANUAL EN UNIDADES |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|
| XX1 | 5.84 | 1,200 |
| B66 | 5.40 | 1,110 |
| 3CPO | 1.12 | 896 |
| 33CP | 74.54 | 1,104 |
| R2D2 | 2.00 | 1,110 |
| RMS | 2.08 | 961 |

Use el análisis ABC para determinar, ¿qué artículos deben tener un control cuidadoso con una técnica cuantitativa de inventarios y qué artículos no deben controlarse tan estrechamente?

P_x 10.2 Boreki Enterprises tiene los siguientes 10 artículos en inventario. Theodore Boreki acaba de solicitar que usted, recién graduado de AO, divida estos artículos en grupos ABC. ¿Qué reporte entregará?

| ARTÍCULO | DEMANDA ANUAL | COSTO/UNIDAD |
|----------|---------------|--------------|
| A2 | 3,000 | \$ 50 |
| B8 | 4,000 | 12 |
| C7 | 1,500 | 45 |
| D1 | 6,000 | 10 |
| E9 | 1,000 | 20 |
| F3 | 500 | 500 |
| G2 | 300 | 1,500 |
| H2 | 600 | 20 |
| I5 | 1,750 | 10 |
| J8 | 2,500 | 5 |

P_x 10.3 McKenzie Services piensa usar el análisis ABC para centrar su atención en los artículos más importantes de su inventario. Para ello, tomó una muestra aleatoria de 20 artículos y calculó para cada uno su uso en dólares, como se ilustra a continuación. Clasifique los artículos y asígneles a las clases A, B o C. Con base en esta muestra, ¿considera que el análisis ABC ayudará a que la administración identifique los pocos artículos significativos?

| ARTÍCULO | USO EN DÓLARES | ARTÍCULO | USO EN DÓLARES |
|----------|----------------|----------|----------------|
| 1 | \$ 9,200 | 11 | \$ 300 |
| 2 | 400 | 12 | 10,400 |
| 3 | 33,400 | 13 | 70,800 |
| 4 | 8,100 | 14 | 6,800 |
| 5 | 1,100 | 15 | 57,900 |
| 6 | 600 | 16 | 3,900 |
| 7 | 44,000 | 17 | 700 |
| 8 | 900 | 18 | 4,800 |
| 9 | 100 | 19 | 19,000 |
| 10 | 700 | 20 | 15,500 |

10.4 Howard Electronics, una pequeña fábrica de equipo electrónico para investigación, tiene en su inventario alrededor de 7,000 artículos, y contrató a Joan Blasco-Paul para que maneje este inventario. Joan determinó que 10% de los artículos del inventario son clase A, 35% clase B y 55% clase C. Ella desea establecer un sistema para que los artículos A se cuenten mensualmente (cada 20 días hábiles); los artículos B, trimestralmente (cada 60 días hábiles), y los artículos C, semestralmente (cada 120 días hábiles). ¿Cuántos artículos deben contarse cada día?

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; **P_x** significa que el problema se resuelve con Excel OM; y **P_w** significa que el problema se resuelve con POM para Windows o con Excel OM.

P 10.5 La escuela de computación de William Beville, en Richmond, tiene en su inventario cuadernos de ejercicios con las siguientes características:

Demanda $D = 19,500$ unidades/año
 Costo de ordenar $S = \$25/\text{orden}$
 Costo de mantener inventarios $H = \$4/\text{unidad/año}$

- a) Calcule el EOQ para los cuadernos de ejercicios.
- b) ¿Cuáles son los costos anuales de mantener las libretas de ejercicios?
- c) ¿Cuáles son los costos anuales de ordenar?

P 10.6 Si $D = 8,000$ por mes, $S = \$45$ por orden y $H = \$2$ por unidad por mes, ¿cuál es la cantidad óptima a ordenar?

10.7 El bufete de Henry Crouch acostumbra ordenar 60 unidades de repuesto de tinta a la vez. La empresa estima que los costos de manejo ascienden a 40% de los \$10 del costo unitario, y la demanda anual es alrededor de 240 unidades al año. Si se aplican las suposiciones del modelo básico EOQ, ¿qué valor del costo de hacer la orden optimizará su acción?

P 10.8 La tienda de Madeline Thimmes, Dream Store, vende camas de agua y artículos relacionados. La demanda anual de su cama de mayor venta es 400 unidades. El costo de ordenar es \$40, mientras que el costo de mantener es \$5 por unidad por año.

- a) Para minimizar el costo total, ¿cuántas unidades deben solicitarse cada vez que se coloca una orden?
- b) Si el costo de mantener por unidad fuera de \$6 en lugar de \$5, ¿cuál sería la cantidad óptima a ordenar?

P 10.9 Southeastern Bell tiene en inventario ciertos conectores en su almacén central para abastecer a las oficinas de servicio. La demanda anual de estos conectores es 15,000 unidades. Southeastern estima que el costo anual de mantener este artículo es \$25 por unidad. El costo de ordenar es \$75. La compañía opera 300 días al año y el tiempo de entrega de una orden es 8 días hábiles.

- a) Encuentre la cantidad óptima a ordenar.
- b) Determine los costos de mantener inventarios anuales.
- c) Indique cuál es el costo de ordenar anual.
- d) ¿Cuál es el punto de reorden?

10.10 El tiempo de entrega de uno de sus productos que más vende es 21 días. La demanda durante este periodo es 100 unidades por día en promedio. ¿Cuál sería el punto de reorden apropiado?

10.11 La demanda anual de forros para cuadernos en Duncan's Stationary Shop es 10,000 unidades. Dana Duncan abre 300 días al año y sabe que su proveedor tarda generalmente 5 días hábiles en entregar las órdenes. Calcule el punto de reorden para los forros de cuadernos que almacena.

P 10.12 Marilyn Hart es agente de compras en Central Valve Company, que vende válvulas industriales y mecanismos de control de fluidos. La válvula Western es una de las más populares de la compañía, la cual tiene una demanda anual de 4,000 unidades. El costo de cada válvula es \$90 y el costo de manejarla en inventario es \$9. Marilyn realizó un estudio de los costos en que incurre al colocar una orden de cualquiera de las válvulas que almacena Central Valve y concluyó que el costo promedio de ordenar es \$25. Además, el proveedor tarda 5 días hábiles en entregar cada orden. Durante este tiempo la demanda semanal es alrededor de 80 válvulas.

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar?
- b) ¿Cuál es el inventario promedio si se usa la cantidad óptima a ordenar?
- c) ¿Cuál es el número óptimo de órdenes por año?
- d) Suponiendo que se trabajan 250 días al año, ¿cuál es el número óptimo de días entre dos órdenes cualesquiera?
- e) ¿Cuál es el costo total anual del inventario (costo por manejo + costo de ordenar)?
- f) ¿Cuál es el punto de reorden?

P 10.13 El taller de maquinaria de Joe Henry usa 2,500 soportes a lo largo de un año. Estos soportes se compran a un proveedor que se encuentra a 90 millas de distancia. Se tiene la siguiente información de los soportes:

| | |
|--|---------|
| Demanda anual: | 2,500 |
| Costo de mantener por soporte por año: | \$1.50 |
| Costo de ordenar por pedido: | \$18.75 |
| Tiempo de entrega: | 2 días |
| Días hábiles por año: | 250 |

- a) Dada esta información, ¿cuál sería la cantidad óptima a ordenar (EOQ)?
- b) Dado el EOQ, ¿cuál sería el inventario promedio? ¿Cuál sería el costo anual de mantener el inventario?
- c) Dado el EOQ, ¿cuántas órdenes se colocarán cada año? ¿Cuál sería el costo de ordenar anual?
- d) Dado el EOQ, ¿cuál es el costo total anual del inventario?
- e) ¿Cuál es el tiempo entre órdenes?
- f) ¿Cuál es el punto de reorden (ROP)?

- P** **10.14** Marc Bove, de Bove Plumbing, utiliza 1,200 partes de cierta refacción que cuesta \$25 ordenar con un costo anual de mantener de \$24.
- Calcule el costo total para tamaños de orden de 25, 40, 50, 60 y 100 partes.
 - Identifique la cantidad económica a ordenar y señale cuáles son las implicaciones de cometer errores en su cálculo.
- P** **10.15** Patterson Electronics provee circuitos de microcomputadoras a una compañía que incorpora los microprocesadores en refrigeradores y otros electrodomésticos. La demanda anual de una de los componentes es de 250 unidades, y esto es constante a lo largo del año. Se estima que el costo por manejo es \$1 por unidad por año, y que el costo de ordenar es \$20 por pedido.
- Si se desea minimizar los costos, ¿cuántas unidades deben pedirse cada vez que se coloca una orden?
 - ¿Cuántas órdenes se necesitan al año con la política óptima?
 - ¿Cuál es el inventario promedio si se minimizan los costos?
 - Suponga que el costo de hacer la orden no es \$20, y que Patterson ha ordenado 150 unidades cada vez que coloca una orden. Para que esta política de ordenar ($Q = 150$) sea óptima, determine cuál debe ser el costo de ordenar.
- P** **10.16** La compañía de Bruce Woodworth produce un artículo cuya demanda anual es 10,000 unidades. Ya que opera 200 días al año, la demanda aproximada es 50 por día. La producción diaria es 200 unidades. El costo de mantener en inventario es \$1 por unidad por año y el costo de preparación es \$200. Si usted quisiera fabricar este producto por lotes, ¿qué tamaño de lote debe usar?
- P** **10.17** Radovitsky Manufacturing Company, en Hayward, California, produce luces intermitentes para juguetes. La compañía opera sus instalaciones 300 días al año. Cuenta con órdenes por casi 12,000 luces al año y tiene una capacidad de producción de 100 al día. Preparar la producción de luces cuesta \$50. El costo de cada luz es \$1, y el costo de mantener es \$0.10 por luz por año.
- ¿Cuál es el tamaño óptimo de la corrida de producción?
 - ¿Cuál es el costo promedio anual de mantener el inventario?
 - ¿Cuál es el costo promedio anual de preparación?
 - ¿Cuál es el costo total anual, incluido el costo de las luces?
- P** **10.18** Arthur Meiners es gerente de producción en Wheel-Rite, una pequeña fábrica de partes de metal. Wheel-Rite abastece a Cal-Tex, una importante compañía ensambladora, 10,000 bujes de llanta cada año. Esta orden se mantiene estable desde hace algún tiempo. El costo de preparación de Wheel-Rite es \$40 y el costo de mantener por unidad por año es \$0.60. Wheel-Rite produce 50 bujes de llanta al día. Cal-Tex es un fabricante “justo a tiempo” y requiere envíos de 50 unidades cada día hábil.
- ¿Cuál es el lote óptimo de producción?
 - ¿Cuántos bujes debe tener Wheel-Rite como máximo en su inventario?
 - ¿Cuántas corridas de producción de bujes realizará Wheel-Rite en un año?
 - ¿Cuál es el costo total de preparación + el costo total de mantener inventario para Wheel-Rite?
- P** **10.19** Cesar Rogo Computers, una cadena de tiendas de hardware y software para computadoras en Mississippi, surte dispositivos de memoria y almacenamiento tanto a clientes comerciales como de carácter educativo. En la actualidad enfrenta la siguiente decisión de ordenar relacionada con la compra de CD-ROM:
- $$D = 36,000 \text{ discos}$$
- $$S = \$25$$
- $$H = \$0.45$$
- $$\text{Precio de compra} = \$0.85$$
- $$\text{Precio de descuento} = \$0.82$$
- $$\text{Cantidad necesaria para calificar para el descuento} = 6,000 \text{ discos}$$
- ¿Debe aprovechar el descuento?
- P** **10.20** McLeavey Manufacturing tiene una demanda anual de 1,000 bombas. El costo por bomba es \$50. El costo para McLeavey de colocar cada orden es \$40, mientras que el de mantener en inventario es 25% del costo unitario. Si se piden 200 bombas, McLeavey obtiene 3% de descuento. ¿Considera que McLeavey debe ordenar 200 bombas juntas y obtener el 3% de descuento?
- P** **10.21** Wang Distributors tiene una demanda anual de detectores de metales para aeropuertos de 1,400 unidades. El costo para Wang de un detector común es \$400. Se estima que el costo por el manejo es 20% del costo unitario y que el costo de ordenar es \$25. Si Ping Wang, el dueño, solicita 300 o más unidades, obtendría 5% de descuento sobre el costo del detector. ¿Deberá Wang aprovechar el descuento por cantidad?
- P** **10.22** El precio normal de un componente para DVD es \$20. En órdenes de 75 o más unidades, el precio de descuento es \$18.50. En órdenes de 100 o más unidades, el precio baja a \$15.75. En la actualidad Sound Business, Inc., una fábrica de componentes de alta fidelidad, tiene un costo por manejo de inventario de 5% por unidad por año, y su costo de ordenar es \$10. La demanda anual es 45 componentes. ¿Qué debe hacer Sound Business, Inc?

P : **10.23** Rocky Mountain Tire Center vende al año 20,000 llantas de un tipo particular. El costo de ordenar es \$40 por pedido y el costo de mantener es 20% del precio de compra de las llantas por año. El precio de compra es \$20 por llanta si se ordenan menos de 500 llantas a la vez; \$18 por llanta si se ordenan más de 500 llantas, pero menos de 1,000 y \$17 por llanta si se piden 1,000 o más llantas. ¿Cuántas llantas debe solicitar Rocky Mountain cada vez que coloca una orden?

P : **10.24** M. P. VanOyen Manufacturing publicó una licitación para un componente de sus reguladores. La demanda esperada es de 700 unidades por mes. Sus opciones son comprar el componente en Allen Manufacturing o en Baker Manufacturing. Sus listas de precios se ilustran abajo. El costo de la orden es \$50 y el costo de mantener inventario es \$5 por unidad por año

| ALLEN MANUFACTURING | | BAKER MANUFACTURING | |
|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO |
| 1-499 | \$16.00 | 1-399 | \$16.10 |
| 500-999 | 15.50 | 400-799 | 15.60 |
| 1,000+ | 15.00 | 800+ | 15.10 |

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar?
- b) ¿Qué proveedor debe elegir? ¿Por qué?
- c) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y el costo total anual?

P : **10.25** Chris Sandvig Irrigation, Inc. resumió la lista de precios de cuatro proveedores potenciales de una válvula de control subterránea. Véase la siguiente tabla. El uso anual es 2,400 válvulas; el costo de ordenar es \$10 por pedido y los costos de mantener el inventario son \$3.33 por unidad por año.

¿Qué vendedor debe elegir y cuál es la mejor cantidad a ordenar si Sandvig quiere minimizar su costo total?

| VENDEDOR A | | VENDEDOR B | | VENDEDOR C | | VENDEDOR D | |
|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| CANTIDAD | PRECIO | CANTIDAD | PRECIO | CANTIDAD | PRECIO | CANTIDAD | PRECIO |
| 1-49 | \$35.00 | 1-74 | \$34.75 | 1-99 | \$34.50 | 1-199 | \$34.25 |
| 50-74 | 34.75 | 75-149 | 34.00 | 100-199 | 33.75 | 200-399 | 33.00 |
| 75-149 | 33.55 | 150-299 | 32.80 | 200-399 | 32.50 | 400+ | 31.00 |
| 150-299 | 32.35 | 300-499 | 31.60 | 400+ | 31.10 | | |
| 300-499 | 31.15 | 500+ | 30.50 | | | | |
| 500+ | 30.75 | | | | | | |

P : **10.26** Emery Pharmaceutical emplea un compuesto químico inestable cuyo manejo requiere un ambiente con temperatura y humedad controladas. Emery usa 800 libras por mes de este químico y estima un costo de mantener de 50% del precio de compra (por la descomposición) y un costo de ordenar de \$50 por pedido. A continuación se presentan los programas de costos de dos proveedores.

| VENDEDOR 1 | | VENDEDOR 2 | |
|------------|-----------|------------|-----------|
| CANTIDAD | PRECIO/LB | CANTIDAD | PRECIO/LB |
| 1-499 | \$17.00 | 1-399 | \$17.10 |
| 500-999 | 16.75 | 400-799 | 16.85 |
| 1000+ | 16.50 | 800-1199 | 16.60 |
| | | 1,200+ | 16.25 |

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar para cada proveedor?
- b) ¿Qué cantidad debe ordenar y cuál es el proveedor que tiene que elegir?
- c) ¿Cuál es el costo total para la cantidad óptima a ordenar?
- d) ¿Qué otros factores deben considerarse además del costo total?

: **10.27** Barbara Flynn es la encargada de mantener el inventario en el Hospital General. El año anterior, la demanda promedio durante el tiempo de entrega de vendas BX-5 fue 60 (y tenía distribución normal). Además, la desviación estándar para las BX-5 fue 7. La señora Flynn desea un nivel de servicio de 90%.

- a) ¿Qué nivel de inventario de seguridad de las BX-5 recomienda?
- b) ¿Cuál es el punto de reorden adecuado?

: **10.28** Con base en la información disponible, la demanda del tiempo de entrega de unidades de CD-ROM promedia 50 unidades (con distribución normal), la desviación estándar es 5 unidades. La administración desea 97% de nivel de servicio.

- a) ¿Qué valor Z debe aplicarse?
- b) ¿Cuántas unidades deben mantenerse en el inventario de seguridad?
- c) ¿Cuál es el punto de reorden adecuado?

- 10.29 Las sillas de ratán de Authentic Thai se entregan una vez al año a la cadena de tiendas minoristas The Kathmandu Shop, de Cary Schwartz. El punto de reorden sin inventario de seguridad es 200 sillas. El costo por manejo de las sillas es \$15 por unidad por año, y el costo por faltantes es \$70 por unidad por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿qué inventario de seguridad debe mantenerse?

| DEMANDA DURANTE EL PERIODO DE REORDEN | PROBABILIDAD |
|---------------------------------------|--------------|
| 0 | 0.2 |
| 100 | 0.2 |
| 200 | 0.2 |
| 300 | 0.2 |
| 400 | 0.2 |

- 10.30 Una vez al año, Vicki Smith, Inc., hace una orden de juegos de arte para niños; su punto de reorden, sin inventario de seguridad (*dL*), es 100 juegos. El costo de manejar el inventario es \$10 por juego por año y el costo por faltantes es \$50 por juego por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿qué inventario de seguridad debe mantenerse?

| DEMANDA DURANTE EL PERIODO DE REORDEN | PROBABILIDAD |
|---------------------------------------|--------------|
| 0 | .1 |
| 50 | .2 |
| ROP → 100 | .4 |
| 150 | .2 |
| 200 | .1 |
| | <u>1.0</u> |

- 10.31 Mr. Beautiful, organización que vende juegos de entrenamiento para el control de peso, tiene un costo de ordenar de \$40 para el juego BB-1. (BB-1 por Body Beautiful número 1.) El costo por manejo del BB-1 es \$5 por juego por año. Para satisfacer la demanda, Mr. Beautiful pide grandes cantidades del BB-1 siete veces al año. Se estima que el costo de faltantes del BB-1 es \$50 por juego. Durante los últimos años, Mr. Beautiful ha observado la siguiente demanda durante el tiempo de entrega del BB-1:

| DEMANDA DURANTE EL TIEMPO DE ENTREGA | PROBABILIDAD |
|--------------------------------------|--------------|
| 40 | .1 |
| 50 | .2 |
| 60 | .2 |
| 70 | .2 |
| 80 | .2 |
| 90 | .1 |
| | <u>1.0</u> |

El punto de reorden para el BB-1 es 60 juegos. ¿Qué nivel de inventario de seguridad debe mantenerse para el BB-1?

- 10.32 Kim Clark le pide que lo ayude a definir la mejor política de ordenar para un nuevo producto. El pronóstico de demanda para este nuevo producto es alrededor de 1,000 unidades al año. Para que tenga una idea de los costos de ordenar y mantener, Kim le proporciona la lista de los costos del año pasado, pues considera que son apropiados para el nuevo producto.

| FACTOR COSTO | COSTO (\$) | FACTOR COSTO | COSTO (\$) |
|---|------------|--|------------|
| Impuestos para el almacén | 2,000 | Inventario de almacén | 280 |
| Inspección de llegada y recepción | 1,500 | Investigación y desarrollo | 2,750 |
| Desarrollo de nuevos productos | 2,500 | Salarios y sueldos-compras | 30,000 |
| Costos de contab. para pago de facturas | 500 | Salarios y sueldos almacén | 12,800 |
| Seguro del inventario | 600 | Robo de inventario | 800 |
| Publicidad de producto | 800 | Inventario para órdenes de compra | 500 |
| Daños | 750 | Obsolescencia de inventario | 300 |
| Envío de órdenes de compra | 800 | Gastos generales del departamento de compras | 1,000 |

También le comenta que estos datos se refieren a 10,000 artículos que se manejaron o almacenaron durante el año. Usted ya determinó que el año anterior se colocaron 200 órdenes. Su trabajo como nuevo administrador de operaciones es auxiliar a Kim para que establezca la cantidad óptima a ordenar.

- 10.33 Emarpy Appliance es una compañía que produce todo tipo de electrodomésticos grandes. El presidente de Emarpy, Bud Banis, está preocupado por la política de producción del refrigerador que más se vende. Su demanda anual ha sido alrededor de 8,000 unidades y constante durante el año. La capacidad de producción es 200 unidades por día. Cada vez que inicia su producción, mover los materiales al lugar, restablecer la línea de ensamble y limpiar el equipo

cuesta \$120 a la compañía. El costo de mantener cada refrigerador es \$50 por año. De acuerdo con el plan de producción actual, en cada corrida de producción deben fabricarse 400 refrigeradores. Suponga que cada año tiene 250 días hábiles.

- ¿Cuál es la demanda diaria de este producto?
- Si la compañía sigue fabricando 400 refrigeradores cada vez que arranca la producción, ¿cuántos días debe continuar la producción?
- Con la política de producción actual, ¿cuántas corridas de producción serán necesarias al año? ¿Cuál será el costo anual de preparación?
- Si continúa la política de producción actual, ¿cuántos refrigeradores habrá en inventario cuando concluya la producción? ¿Cuál será el nivel promedio del inventario?
- Si la compañía produce 400 refrigeradores a la vez, ¿cuál será el costo total anual de preparación y el costo de mantener?
- Suponga que Bud Banis desea minimizar el costo total anual del inventario. ¿Cuántos refrigeradores debe fabricar en cada corrida de producción? ¿Cuánto ahorraría la compañía en el costo del inventario en comparación con la política actual de fabricar 400 refrigeradores en cada corrida de producción?

10.34

Louisiana Power and Light hace una orden de postes para el servicio el primer día hábil de cada mes a su proveedor en Oregon. El valor meta es 40 postes en este sistema P. Es hora de ordenar y hay 5 postes en inventario. Por un retraso en el embarque del mes anterior, está por llegar una orden anterior de 18 postes. ¿Cuántos postes deben ordenarse en este momento?



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página de Internet en, www.pearsoneducacion.net/heizer, para obtener estos problemas de tarea adicionales: del 12.35 al 12.47.

CASO DE ESTUDIO

Southwestern University: (D)*

El reciente éxito del programa de fútbol de Southwestern University está causando más problemas a su presidente, Joel Wisner, que los que enfrentó durante la época en que el equipo perdía, a principios de los 90. Por un lado, el aumento en la asistencia los días de juego está resultando una carga para el pueblo de Stephenville y para la universidad misma (véase Southwestern University: B, en el capítulo 5). Surgen quejas por problemas de estacionamiento, capacidad, precios de concesión, e incluso la falta de programas impresos en algunos juegos (véase Southwestern University: C, en el capítulo 13). Una vez más, el doctor Wisner recurre al gerente del estadio, Hank Maddux. Esta vez necesita un flujo de ingresos garantizado para ayudar con los gastos de la ampliación del estadio. Los programas de juegos con ganancias altas podrían ser una fuente de ingresos.

La venta de programas a \$5 es un negocio muy engañoso. Bajo la fuerte presión de Wisner, Maddux sabe que debe asegurar que los costos se mantengan al mínimo para maximizar la contribución a la ampliación del estadio. En consecuencia, Maddux quiere que el programa de cada juego se compre muy barato. Después de investigar precios, tiene dos opciones. Un impresor local en Stephenville, Sam Taylor, de Quality Printing, le ofreció el siguiente programa de descuentos en los programas y en las láminas insertadas:

| PROGRAMAS | | INSERCCIONES CON DETALLES DE LOS JUEGOS SEMANALES | |
|------------------|------------|---|-----------|
| 10,000 a 30,000 | \$1.80 c/u | 10,000 a 30,000 | \$.90 c/u |
| 30,000 a 60,000 | \$1.70 c/u | 30,000 a 60,000 | \$.85 c/u |
| 60,000 a 250,000 | \$1.60 c/u | 60,000 a 250,000 | \$.80 c/u |
| 250,000 y más | \$1.40 c/u | 250,000 y más | \$.70 c/u |

Sin embargo, tiene una segunda alternativa con First Printing, propiedad de Michael Shader ex alumno de la SWU en Ft. Worth, que hará el trabajo

por un precio 10% menor para ayudar al departamento de atletismo de la universidad. Esta alternativa significará el envío de un camión a Ft. Worth cada vez que deba recogerse una orden. Maddux estima que el costo de cada viaje a Ft. Worth será \$200.

También considera que la universidad paga aproximadamente \$100 al colocar una orden y expedir el cheque. Ya que carece de un lugar apropiado para almacenar los programas, sus costos de manejo son altos. No es posible almacenarlos en la oficina ni en el departamento de mantenimiento sin correr el riesgo de que se maltraten. Esto significa que tendrá que rentar un lugar fuera del *campus* y transportarlos a ese sitio, y de ahí al *campus*. Maddux estima el costo de mantener anual en 50%.

Otro problema importante para Maddux es que nunca sabe a ciencia cierta cuál será la demanda de programas. Las ventas varían de un oponente a otro y con el desempeño el equipo en el juego ese año. No obstante, lo que *sí sabe* es que quedarse sin programas es muy mala idea. No sólo se espera que el equipo de fútbol genere recursos para la SWU, sino también entretenimiento. Esto significa que debe haber programas para todos cuando los pidan. Con las nuevas instalaciones, la asistencia a cada uno de los cinco juegos en casa puede llegar a 60,000, y dos de cada tres personas compran el programa.

Además de los programas, Maddux también debe pagar las inserciones para cada juego. Estas inserciones contienen información sobre el equipo contrincante, fotografías de las estrellas del equipo y las estadísticas de sus últimos juegos. El programa es el mismo para todos los juegos, excepto que las inserciones se compran por separado para cada juego y son una pérdida total después del evento. Como las inserciones deben entregarse justo cuando se necesitan, el costo por el manejo debe ser nominal; Maddux lo estima en 5%. Los costos restantes y el programa de descuentos siguen vigentes, sólo que las inserciones cuestan la mitad, puesto que son mucho más pequeñas. First Printing ofrece también un descuento de 10% en las inserciones.

Preguntas para analizar

1. ¿A quién debe Maddux ordenar los programas y cuántos debe ordenar cada vez?
2. ¿A quién debe Maddux ordenar las inserciones y cuántas debe ordenar cada vez?
3. ¿Cuál es el costo total de los programas y las inserciones para la temporada?

4. ¿Qué otras oportunidades podría intentar Maddux para la administración de los programas?

*Este caso de estudio integrado se analiza a lo largo del texto. Otros problemas que enfrenta la SWU con la ampliación de su estadio comprenden: **a)** administración del proyecto del estadio; **b)** pronóstico de la asistencia a los juegos; **c)** calidad de las instalaciones; **d)** programación de oficiales de seguridad del *campus* los días de juego.

CASO DE ESTUDIO

Mayo Medical Center

El mundialmente reconocido Mayo Medical Center, localizado en Rochester, Minnesota, se convirtió en pionero en el control de inventarios cuando comenzó a aprovechar la tecnología del código de barras, a finales de los 70. Mayo desarrolló un sistema de seguimiento basado en los códigos para localizar sus más de 15,000 historiales clínicos que circulan en sus instalaciones de Rochester. Después, durante los 80 y los 90, desarrolló otras aplicaciones para el código de barras, que vinculó al sistema de numeración de pacientes. Este código de barras también se aplicó en el banco de sangre, las muestras de laboratorio y las pulseras de identificación de los pacientes. Recientemente, Mayo tomó el liderazgo en la automatización del manejo de los artículos médicos y quirúrgicos, medicamentos, artículos de oficina y productos dietéticos.

El sistema de cómputo de la clínica Mayo permite que el personal haga pedidos electrónicos desde cualquier parte de su sistema médico. Durante el turno nocturno, un empleado visita cada cuarto de almacén, pasa el escáner por el inventario e introduce los datos necesarios para restablecer los niveles del inventario. Estos datos pasan a una computadora central en donde se concilian los datos actuales del inventario. Los requerimientos de productos se generan en el centro de inventario, como lista de lo que ha salido. La orden se recoge y entrega el mismo día. Cuando el sistema de la clínica llega al punto de reorden se genera una orden, se transmite al departamento de compras y luego se envía electrónicamente al proveedor. La clínica Mayo tiene capacidad para atender 98% de su nivel total. El programa ha tenido éxito, pues el personal para el cuidado de pacientes ya no tiene que realizar actividades de inventario; asimismo, los productos se envían rápida y económicamente al punto en donde se requieren. En todo el sistema el inventario se ha reducido en \$225,000.

Resultados como éstos también se observan en otros hospitales. De acuerdo con un estudio reciente de la industria, antes de que existieran

los sistemas de inventario basados en el código de barras, los hospitales no podían responder por cerca de 20% del costo de artículos. Sin embargo, ahora que el personal de farmacia y enfermería pasa por el escáner los códigos de cada paquete de medicamentos, jeringas y vendas que se usan, la cifra ha disminuido hasta 1%. Cuando el inventario representa hasta una tercera parte de los costos, como ocurre en algunos hospitales, esta reducción es significativa. Al mismo tiempo, estos hospitales han disminuido a la mitad del nivel anterior la inversión en inventario.

Con su precisión inherente, los sistemas de códigos de barras son una herramienta para compilar, analizar y balancear los datos de costos. Con exactitud en los costos, los hospitales pueden negociar contratos de tarifa fija. Esta información les sirve también para ahorrar sumas considerables; por ejemplo, en la compra de implantes de cadera y rodilla. Una vez que los costos de los artículos de ortopedia se identificaron y compartieron con los médicos, los doctores de la clínica Mayo acordaron el uso de las “mejores prácticas” con menores costos. El resultado de esto es ahorros netos de medio millón de dólares al año.

Preguntas para analizar

1. ¿Cuáles son los beneficios de un inventario con códigos de barras en el entorno de los hospitales?
2. ¿Cuáles son las extensiones naturales de este tipo de sistema de inventario dentro del hospital?
3. ¿Cuáles son las extensiones naturales de este tipo de sistema de inventario hacia la cadena de suministro?
4. Cuando estos sistemas de inventario se vinculan a través de Internet, ¿cómo se benefician el paciente, el hospital y el proveedor?

Fuentes: Deb Naves, “Materials Management Health Care”, *IDSystems* (mayo de 1997): 21-32; y *Wall Street Journal* (10 de junio de 1997): A1, A6.

CASO DE ESTUDIO

Sturdivant Sound Systems

Sturdivant Sound Systems fabrica y vende sistemas de sonido para automóviles y el hogar. Todas las partes del sistema de sonido, excepto los reproductores DVD, se producen en la planta de Rochester, Nueva York. Los reproductores DVD que se integran al ensamble de los sistemas Sturdivant se compran a Morris Electronics en Concord, New Hampshire.

Mary Kim, la agente de compras de Sturdivant, entrega una orden de compra de reproductores DVD cada 4 semanas. Los requerimientos anuales de la compañía suman 5,000 unidades (20 por día hábil), con un costo unitario de \$60. (Sturdivant no compra en cantidades más grandes porque Morris Electronics no ofrece descuentos por cantidad.) Morris promete

entregar la mercancía a más tardar 1 semana después a la recepción de la orden de compra, por lo cual pocas veces escasean los DVD. (El tiempo total entre la fecha de la orden y la de recepción es de 10 días.)

La compra de cada embarque tiene asociados algunos costos de adquisición. Estos costos ascienden a \$20 por orden e incluyen preparar la orden, inspeccionar y almacenar los bienes del embarque, actualizar los registros del inventario y emitir un comprobante y un cheque para el pago. Además de los costos de adquisición, Sturdivant incurre en costos de mantener inventario que comprenden seguro, almacenamiento, manejo e impuestos, entre otros. Estos costos suman \$6 por unidad por año.

En un intento por mejorar las utilidades, a partir de agosto de este año la administración de Sturdivant pondrá en marcha un programa de

control de costos en toda la compañía. Un área que se someterá a riguroso escrutinio es la de adquisición de inventarios.

Preguntas para analizar

1. Calcule la cantidad óptima a ordenar para los reproductores de DVD.
2. Determine el punto de reorden adecuado (en unidades).

3. Calcule los ahorros en costos que obtendrá la compañía si implanta la decisión óptima para la adquisición de inventarios.
4. ¿Deben los costos de adquisición considerarse una función lineal del número de órdenes?

Fuente: Reimpreso con autorización del profesor Jerry Kinard, Western Carolina University.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

Control de inventarios en Wheeled Coach

Controlar el inventario es uno de los problemas más difíciles para Wheeled Coach. La administración entiende que al operar de acuerdo con una estrategia de personalización masiva y respuesta rápida el éxito depende del control estricto de su inventario. De otra manera, el resultado es la incapacidad para entregar con prontitud, el caos en la línea de ensamble y una cuantiosa inversión en inventario. Wheeled Coach sabe que de los 40,000 a 100,000 dólares que cuesta cada vehículo, casi 50% se aplica a la compra de materiales. Una porción importante de este 50% se asigna a la compra del chasis (a Ford), el aluminio (a Reynolds Metal) y la chapa de madera que se usa para construir pisos y gabinetes (a proveedores locales). En consecuencia, Wheeled Coach da seguimiento a los artículos "A" del inventario, manteniendo un estrecho control y seguridad, y ordenando con sumo cuidado, para maximizar los descuentos por cantidad y minimizar el inventario. Como los tiempos de entrega de Reynolds son largos, el aluminio debe ordenarse hasta con ocho meses de anticipación.

En la competitiva industria de las ambulancias, donde es el único gigante, sus 45 competidores no tienen suficiente poder de compra para aprovechar los mismos descuentos que Wheeled Coach. Sin embargo, de acuerdo con su presidente, Bob Collins, esta ventaja competitiva en cos-

to no debe tomarse a la ligera. "El conteo cíclico es crucial en nuestros almacenes. Ninguna pieza puede salir de nuestros inventarios sin que se refleje en una lista o explosión de materiales."

Para que los productos se construyan a tiempo, la precisión en las listas de materiales es obligatoria. Además, por la naturaleza personalizada de cada vehículo, la mayoría de las órdenes se ganan sólo después de un proceso de licitación. Una lista de materiales precisa también es determinante para estimar los costos de la oferta en la licitación. Por estos motivos, Collins hace hincapié en la necesidad de que Wheeled Coach mantenga un control de inventarios ejemplar. El *perfil global de la compañía* sobre Wheeled Coach (que abre el capítulo 11) ofrece más información del control del inventario para las ambulancias y el proceso de producción.

Preguntas para analizar

1. Explique la forma en que Wheeled Coach implanta el análisis ABC.
2. Si usted fuera el gerente de control de inventarios en Wheeled Coach, ¿qué políticas y técnicas adicionales pondría en marcha para asegurar la exactitud de los registros del inventario?
3. ¿Cómo procedería para implantar estas sugerencias?

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Martin-Pullin Bicycle Corp.:** Un caso sobre pronósticos y EOQ.
- **Professional Video Management:** Esta empresa enfrenta una decisión sobre descuentos por cantidad.
- **Western Ranchman Outfitters:** Plantea el uso de EOQ con un proveedor de jeans poco confiable.
- **LaPlace Power and Light:** Esta compañía de servicios públicos evalúa sus políticas de inventario actuales.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Pioneer Hi-Bred International, Inc. (#898-238):** Maneja los retos de la administración de inventarios en una empresa agrícola grande y compleja.
- **L.L. Bean, Inc.: Item Forecasting and Inventory (#893-003):** La empresa debe equilibrar los costos entre tener demasiado o muy poco inventario con incertidumbre en demanda de artículos por catálogo.
- **Blanchard Importing and Distribution Co., Inc. (#673-033):** Ilustra dos tipos de errores graves al usar los modelos EOQ.



BIBLIOGRAFÍA

- Abernathy, Frederick H., John T. Dunlop, Janice H. Hammond y David Weil. "Control Your Inventory in a World of Lean Retailing", *Harvard Business Review* 78, núm. 6 (noviembre-diciembre de 2000): 169-176.
- Arnold, David. "Seven Rules of International Distribution", *Harvard Business Review* 78, núm. 6 (noviembre-diciembre de 2000): 131-137.
- Bernard, Paul. "Are Your Customers Getting Better Service Than You Planned to Provide", *APICS—The Performance Advantage* (julio de 1997): 30-32.
- Bowers, Melissa R. y Anurag Agarwal. "Lower In-Process Inventories and Better On-Time Performance at Tanner Companies, Inc.", *Interfaces* 25, núm. 4 (julio-agosto de 1995): 30-43.
- Coleman, B. Jay. "Determining the Correct Service Level Target", *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 1 (primer trimestre de 2000): 19-23.
- Landvater, D. V. *World Class Production and Inventory Management*. Newburg, NH: Oliver Wight Publications (1997).
- Lieberman, M. B., S. Helper y L. Demeester. "The Empirical Determinants of Inventory Levels in High-Volume Manufacturing", *Production and Operations Management*, núm. 1 (primavera de 1999): 44-55.
- Noblitt, James M. "The Economic Order Quantity Model: Panecea or Plague?" *APICS—The Performance Advantage* (febrero de 2001): 53-57.
- Peterson, R. y E. A. Silver. *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, 2a. ed., Nueva York: John Wiley & Sons (1998).
- Sandvig, J. C. "Calculating Safety Stock", *IIE Solutions* 30, núm. 12 (diciembre de 1998): 28-29.
- Schultz, Kenneth L., David C. Juran y John W. Boudreau. "The Effects of Low Inventory on the Development of Productivity Norms", *Management Science* 45, núm. 12 (diciembre de 1999): 1664-1678.
- Tersine, Richard J. *Principles of Inventory and Materials Management*, 4a. ed., Nueva York: Elsevier North-Holland (1994).
- Vollmann, T. E., W. L. Berry y D. C. Whybark. *Manufacturing Planning and Control Systems*, 5a. ed., Burr Ridge, IL: Irwin/McGraw-Hill (1998).
- Zipkin, Paul. *Foundations of Inventory Management*. Nueva York: Irwin/McGraw-Hill (2000).



RECURSOS DE INTERNET

APICS: The Educational Society for Resource Management:

<http://www.apics.org>

Center for Inventory Management:

<http://www.inventorymanagement.com>

Institute of Industrial Engineers:

<http://www.iienet.org>

Inventory Control Forum:

<http://www.cris.com/-kthill/sites.htm>

Listas de sitios relacionados con el control de inventario:

<http://www.cris.com/-kthill/sites.htm>

Planeación de requerimientos de materiales (MRP) y ERP

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LA PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PROPORCIONA UNA VENTAJA COMPETITIVA A INDUSTRIAS COLLINS

REQUERIMIENTOS DEL MODELO DE INVENTARIO DEPENDIENTE

- Programa maestro de producción
- Listas de materiales
- Exactitud en los registros de inventario
- Órdenes de compra pendientes
- Tiempos de entrega para cada componente

ESTRUCTURA MRP

ADMINISTRACIÓN MRP

- Dinámica MRP
- MRP y JIT

TÉCNICAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LOTE

EXTENSIONES DE MRP

- MRP de círculo cerrado
- Planeación de la capacidad
- Planeación de requerimientos de materiales II (MRP II)

MRP EN LOS SERVICIOS

PLANEACIÓN DE RECURSOS DE DISTRIBUCIÓN (DRP)

PLANEACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP)

Ventajas y desventajas de los sistemas ERP

ERP en el sector servicios

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

USO DE EXCEL OM PARA RESOLVER PROBLEMAS MRP

USO DE POM PARA WINDOWS EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MRP

PROBLEMAS RESUELTOS

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASO DE ESTUDIO: EL INTENTO DE PLANEACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES DE IKON

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: MRP EN WHEELED COACH

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

- Listas de planeación y juegos
- Listas fantasma
- Codificación de bajo nivel
- Tamaño de lote

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Planeación de requerimientos de materiales
- Planeación de requerimientos de distribución
- Planeación de recursos empresariales
- Cómo funciona el sistema ERP
- Ventajas y desventajas de los sistemas ERP

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

La planeación de requerimientos de materiales proporciona una ventaja competitiva a Industrias Collins

Industrias Collins, con sede en Hutchinson, Arkansas, es el fabricante de ambulancias más grande del mundo. Esta empresa de 200 millones de dólares, compite en los mercados internacionales y vende más de 20% de sus vehículos fuera de Estados Unidos. En su subsidiaria más grande (llamada Wheeled Coach), localizada en Winter Park, Florida, los vehículos se producen en líneas de ensamble (es decir, en un proceso repetitivo). Los doce diseños que se ensamblan en la planta de Florida usan 18,000 artículos de inventario diferentes, de los cuales 6,000 son partes fabricadas y 12,000, compradas.

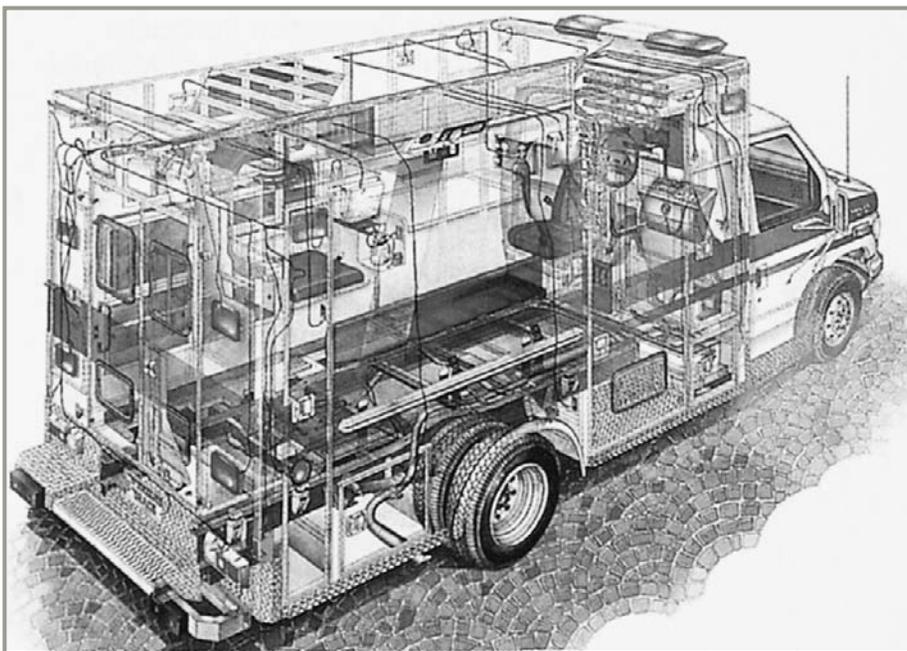
La variedad de los productos y la naturaleza del proceso exigen una buena planea-

ción de los requerimientos de materiales. El uso efectivo de los sistemas MRP necesita exactitud en las listas de materiales y los registros de inventario. El sistema de Collins, que usa el software MAPICS DB en una microcomputadora IBM AS400, proporciona la actualización diaria y ha reducido el inventario más de 30% en sólo dos años.

Collins insiste en que cuatro tareas clave se realicen de manera adecuada. Primero, el plan de materiales debe satisfacer tanto los requerimientos del programa maestro como las capacidades de las instalaciones de producción. Segundo, el plan debe ejecutarse tal como se diseñó. Tercero, una entrega "escalonada" efectiva de los materiales, los inventarios a consignación

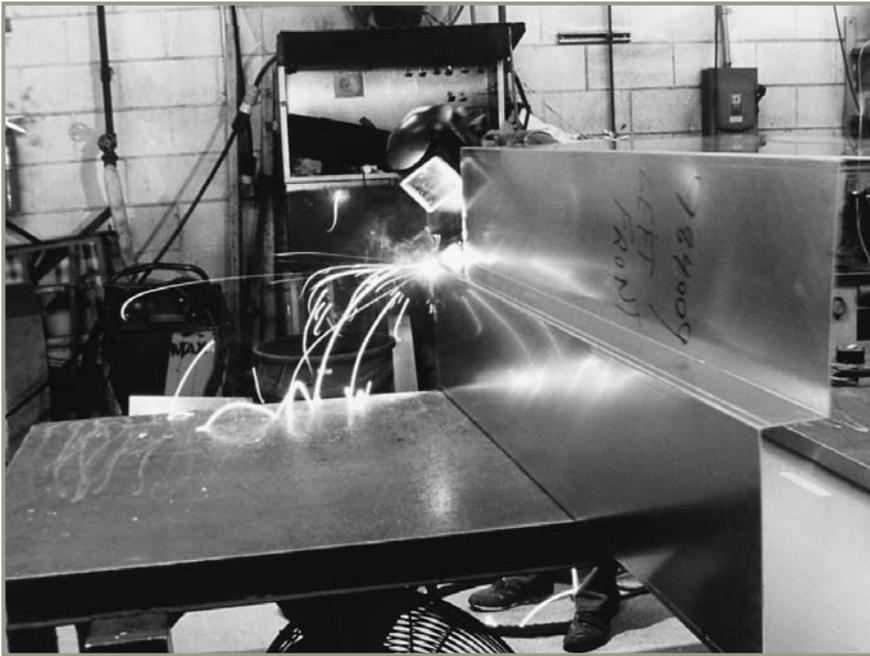
y una revisión constante de los métodos de compra reducen la inversión en inventario. Por último, Collins lleva sus registros con integridad escrupulosa. Reconoce en la precisión de los registros un elemento fundamental de su exitoso programa MRP. En Collins el recuento del ciclo incluye auditorías de materiales que no sólo corrigen los errores, sino también investigan y resuelven problemas.

Industrias Collins emplea el sistema MRP como un catalizador para lograr bajo inventario, alta calidad, programas rigurosos y registros precisos. Collins encontró una ventaja competitiva en el MRP.



Este corte transversal del interior de una ambulancia muestra la complejidad del producto que, para algunas poblaciones rurales, puede ser el equivalente en miniatura de la sala de urgencias de un hospital. Para complicar la producción, prácticamente todas las ambulancias se personalizan y fabrican por encargo. Esta personalización exige precisión en las órdenes, excelencia en las listas de materiales, control excepcional del inventario desde el proveedor hasta el ensamble, y un sistema MRP que funcione.

INDUSTRIAS COLLINS



Collins emplea células de trabajo para alimentar la línea de ensamble. Cuenta con un taller de carpintería completo (para elaborar los gabinetes interiores), un taller de pintura (para preparar, pintar y acabar cada vehículo), un taller eléctrico (para instalar los complejos equipos electrónicos de una ambulancia moderna), un taller de tapicería (para hacer los asientos y bancas del interior) y, como se observa en la fotografía, un taller de fabricación de partes metálicas (para construir la carrocería de la ambulancia).



Cada día las ambulancias avanzan a la siguiente estación de trabajo en seis líneas de ensamble paralelas. El sistema MRP asegura que durante la noche lleguen a cada estación de trabajo sólo los materiales necesarios para el ensamble del siguiente día.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

Diseño de bienes
y servicios

Administración
de la calidad

Estrategia de procesos

Estrategias de localización

Estrategias de distribución
física

Recursos humanos

Administración de la
cadena de suministro

Administración de inventario

Demanda
independiente

Demanda
dependiente

Sistemas JIT y esbelto

Programación

Mantenimiento

Planeación de requerimientos de materiales (MRP)

Técnica de demanda dependiente que usa listas de materiales, inventario, facturación esperada y programa maestro de producción, con la finalidad de determinar los requerimientos de materiales.

Programa maestro de producción (MPS)

Calendario de trabajo donde se especifica qué hacer y cuándo hacerlo.

Industrias Collins y muchas otras empresas han encontrado beneficios en el programa MRP. Éstos incluyen **1.** mejor respuesta a las órdenes de los clientes como resultado de apegarse más a los programas; **2.** respuesta más rápida a los cambios en el mercado; **3.** utilización mejorada de instalaciones y mano de obra, y **4.** niveles más bajos de inventario. La mejor respuesta a las órdenes de los clientes y al mercado significa lograr pedidos y participación de mercado. La mejor utilización de instalaciones y mano de obra genera mayor productividad y ganancias sobre la inversión. Menos inventario libera espacio para otros usos. Estos beneficios son el resultado de la decisión estratégica de usar un sistema de programación de inventarios *dependiente*. La demanda de cada componente del inventario para una ambulancia es dependiente.

Por *demanda dependiente* entendemos que la demanda de un artículo se relaciona con la demanda de otro artículo. Consideremos la Explorer de Ford. La demanda de neumáticos y radiadores de Ford depende de su producción de camionetas Explorer. Cada Explorer terminada lleva cuatro llantas y un radiador. La demanda de artículos es *dependiente* cuando la relación entre los artículos se puede determinar. Por lo tanto, una vez que la administración recibe un pedido o pronostica la demanda para el producto final, es posible calcular las cantidades requeridas de todas los componentes porque todas son artículos con demanda dependiente. Por ejemplo, el administrador de operaciones de Boeing Aircraft, quien programa la producción de un avión por semana, conoce los requerimientos de hasta el último remache. Para cualquier producto, todos sus componentes son artículos con demanda dependiente. *En general, deben emplearse las técnicas de demanda dependiente para cualquier artículo cuya necesidad se pueda programar.*

Cuando se cumplen los requerimientos, los modelos dependientes son preferibles a los modelos EOQ que se describen en el capítulo 12.¹ Una vez que se conoce el programa maestro existe la dependencia de todas las partes, subensambles y materiales. Los modelos de demanda dependiente no sólo son mejores para fabricantes y distribuidores, sino también para una variedad de empresas que van desde restaurantes hasta hospitales.² La técnica de demanda dependiente que se emplea en los ambientes de producción se denomina **planeación de requerimientos de materiales (MRP, material requirements planning)**.

Debido a que los modelos MRP proporcionan una estructura muy clara para la demanda dependiente, han evolucionado hasta constituir la base de lo que se conoce como planeación de los recursos empresariales (ERP, *enterprise resource planning*). ERP es un sistema de información para identificar y planear los amplios recursos empresariales necesarios para tomar, hacer, embarcar y contabilizar las órdenes del cliente. Al final de este capítulo se analizará el sistema ERP.

REQUERIMIENTOS DEL MODELO DE INVENTARIO DEPENDIENTE

Para que el administrador de operaciones use de manera efectiva los modelos de inventario dependiente, es necesario que conozca:

1. El programa maestro de producción (qué debe hacerse y cuándo).
2. Las especificaciones o la lista de materiales (materiales y partes necesarios para elaborar el producto).
3. El inventario disponible (qué hay en el almacén).
4. Las órdenes de compra pendientes (lo que está pedido)
5. Los tiempos de entrega (cuánto tiempo tardan los distintos componentes).

Se estudiará cada uno de estos requerimientos en el contexto de la planeación de requerimientos de materiales (MRP).

Programa maestro de producción

El **programa maestro de producción (MPS, master production schedule)** especifica qué debe hacerse (es decir, el número de productos o artículos terminados) y cuándo. El programa debe ser acorde con el plan de producción. El plan de producción establece el nivel global de producción en términos generales (por ejemplo, familias de productos, horas estándar o volumen en dólares). El plan también incluye una variedad de insumos, incluidos planes financieros, demanda del cliente, capacidades de ingeniería, mano de obra disponible, fluctuaciones del inventario y desempeño del proveedor, entre otros aspectos. Cada uno de estos insumos contribuye a su manera con el plan de producción, como se muestra en la figura 11.1.

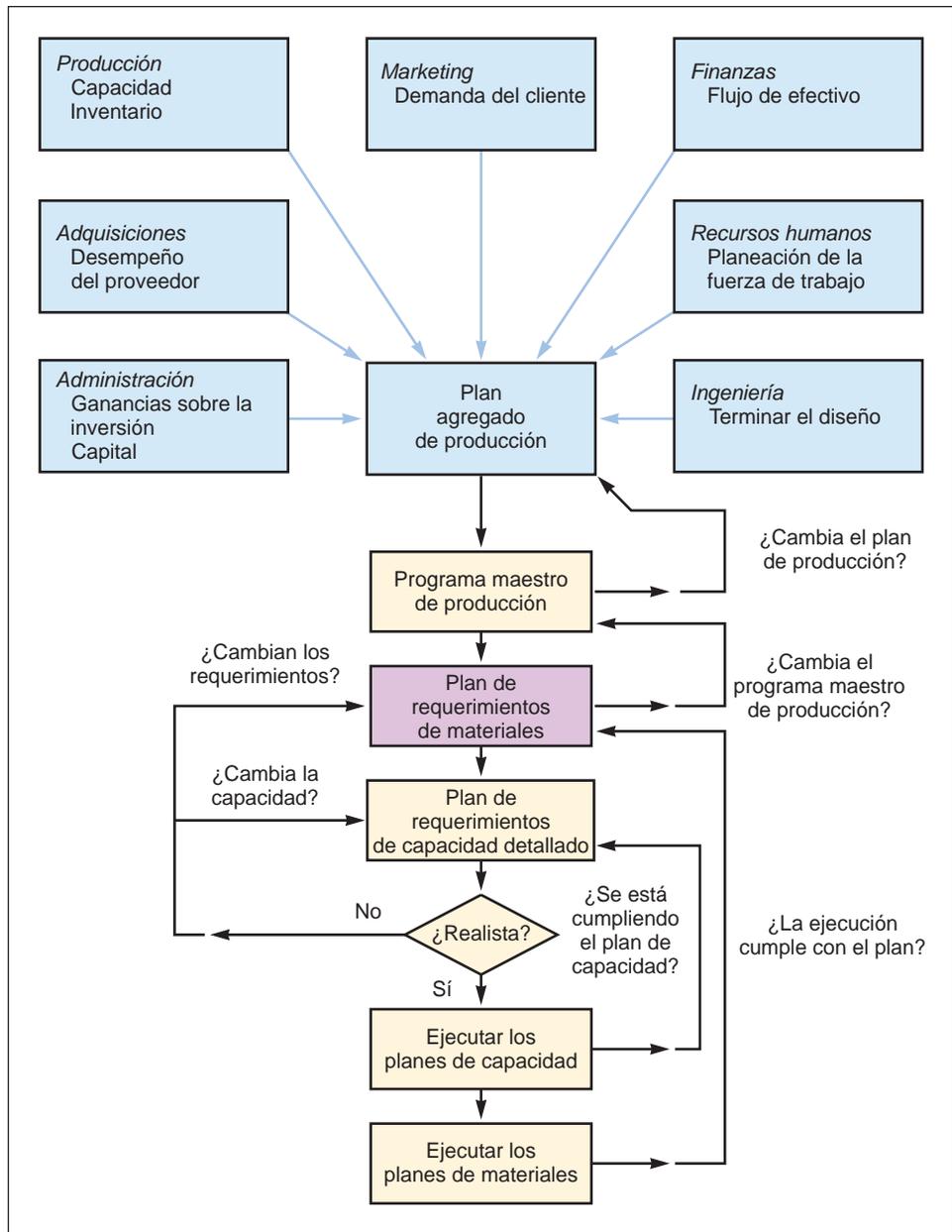
A medida que el proceso de planeación pasa del plan de producción a la ejecución, cada plan de nivel inferior debe ser factible. Cuando uno de ellos no lo es, la retroalimentación al nivel inmediato superior se utiliza para hacer los ajustes necesarios. Una de las principales fortalezas de los programas MRP es su capacidad para determinar con exactitud la factibilidad de un programa dentro de las restricciones de

¹Los modelos de inventarios (EOQ) analizados en el capítulo 10 suponen que la demanda de un artículo es independiente de la demanda de otro. Por ejemplo, el modelo EOQ supone que la demanda de partes de un refrigerador es *independiente* de la demanda de refrigeradores y que esa demanda es constante.

²Aleda V. Roth y Roland van Dierdonck, "Hospital Resource Planning: Concepts, Feasibility, and Framework", *Production and Operations Management* (invierno de 1995): 2-29.

FIGURA 11.1 ■

Proceso de planeación



Sin importar la complejidad del proceso de planeación, deben desarrollarse tanto un plan de producción como el consecuente programa maestro de producción.

El programa maestro de producción se deriva del programa agregado.

capacidad. Este proceso de planeación lograr excelentes resultados. El plan de producción establece límites superiores e inferiores para el programa maestro de producción. De hecho, el programa maestro de producción es resultado de este proceso de planeación de la producción.

El programa maestro de producción nos indica lo que se requiere para satisfacer la demanda y cumplir con el plan de producción. El programa establece qué artículos hacer y cuándo hacerlos: *desagrega* el plan agregado de producción. Si bien el *plan agregado de producción* se establece en términos generales como familias de producto o toneladas de acero, el *programa maestro de producción* se establece en términos de productos específicos. La figura 11.2 muestra los programas maestros para tres modelos de estéreos que surgen del plan agregado de producción para una familia de amplificadores estéreo.

Después de trazar el plan, los administradores deben apegarse al programa por un tiempo razonable (usualmente una porción importante del ciclo de producción, el tiempo que lleva hacer un producto). Muchas organizaciones establecen el programa maestro de producción junto con una política de no cambiar (“fijar”) la porción de corto plazo del plan. A esta porción de corto plazo, después se conoce como programa “fijo”, “firme” o “congelado”. La división Wheeled Coach de Industrias Collins, tema del *Perfil global de la compañía* de este capítulo, fija los últimos 14 días de su programa. Sólo se permite hacer cambios a las partes del plan no incluidas en el programa fijo. Después el programa se convierte en un programa de producción “rodante”. Por ejemplo, un plan fijo de 7 semanas tiene una semana adicional que se agrega al completar cada semana, de manera que se mantiene un programa fijo de 7 semanas.

FIGURA 11.2 ■

El plan agregado de producción permite desarrollar los detalles del programa maestro de producción

| Meses | Enero | | | | Febrero | | | |
|---|-------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|
| Plan agregado de producción (Muestra la cantidad total de amplificadores) | 1,500 | | | | 1,200 | | | |
| Semanas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Programa maestro de producción (Indica el tipo específico y la cantidad de amplificadores que deben producirse) | | | | | | | | |
| Amplificador de 240 watts | 100 | | 100 | | 100 | | 100 | |
| Amplificador de 150 watts | | 500 | | 500 | | 450 | | 450 |
| Amplificador de 75 watts | | | 300 | | | | 100 | |

Observe que el programa maestro de producción es un postulado de *lo que debe producirse* y no un pronóstico de la demanda. El programa maestro se expresa en cualquiera de los siguientes términos:

1. Un *pedido del cliente en un taller intermitente* (fabricar por pedido).
2. *Módulos en una compañía de producción repetitiva* (ensamble para inventario).
3. Un *artículo terminado en una compañía de producción continua* (fabricar para inventario).

La figura 11.3 ilustra esta relación entre el programa maestro de producción y el proceso.

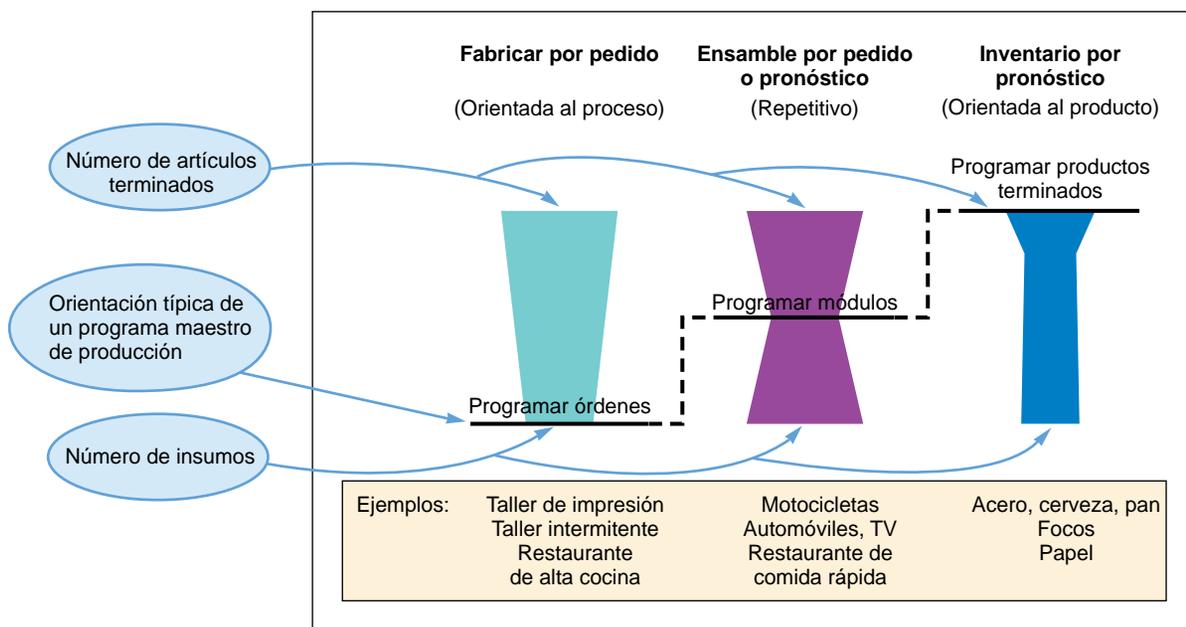


FIGURA 11.3 ■ Enfoque típico del programa maestro de producción para tres estrategias de proceso

El programa maestro de Nancy's Specialty Foods para dos de sus productos, la tartaleta de cangrejo y la tartaleta de espinaca, es semejante a la tabla 11.1.

TABLA 11.1 ■

Programa maestro de producción para las tartaletas de cangrejo y de espinaca en Nancy's Specialty Foods

| REQUERIMIENTOS TOTALES PARA LA TARTAleta DE CANGREJO | | | | | | | | | | | |
|--|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----------|----------|
| Día | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | etcétera | |
| Cantidad | 50 | | 100 | 47 | 60 | | 110 | 75 | | | |
| REQUERIMIENTOS TOTALES PARA LA TARTAleta DE ESPINACA | | | | | | | | | | | |
| Día | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | etcétera |
| Cantidad | 100 | 200 | 150 | | | 60 | 75 | | 100 | | |

Listas de materiales

Definir qué compone un producto puede parecer sencillo, aunque en la práctica quizá resulte difícil. Como se señala en el capítulo 3, para facilitar este proceso, los artículos manufacturados se definen mediante una lista de materiales. Una **lista de materiales (LDM)** es una lista de las cantidades de componentes, ingredientes y materiales necesarios para hacer un producto. Los dibujos individuales, además de describir las dimensiones físicas, detallan cualquier proceso especial y la materia prima para producir cada parte. Nancy’s Specialty Foods tiene una receta para la tartaleta, donde especifica los ingredientes y sus cantidades, igual que Industrias Collins tiene una serie completa de dibujos para describir una ambulancia. Ambas son listas de materiales (aunque a una le llamemos receta y difieran de alguna manera en su alcance).

No obstante, debido a la prisa por introducir un nuevo producto al mercado, a veces los dibujos y listas de materiales están incompletos o simplemente no existen. Más aún, los dibujos y las LDM completos (así como otras formas de especificaciones) suelen tener errores en dimensiones, cantidades y otros muchos aspectos. Cuando se identifica un error, se genera una notificación de cambio de ingeniería (NCI), que complica aún más el proceso. Una *notificación de cambio de ingeniería* es un cambio o una corrección a un dibujo de ingeniería o a la lista de materiales.

Una forma de definir el producto en una lista de materiales consiste en proporcionar la estructura del producto. El ejemplo 1 muestra cómo desarrollar una estructura de producto y cómo “explotarla” para revelar los requerimientos de cada componente. En el ejemplo 1, la lista de materiales para el artículo A consiste en los artículos B y C. Los artículos arriba de cualquier nivel se denominan *padres*; los artículos abajo de cualquier nivel se llaman *componentes* o *hijos*.

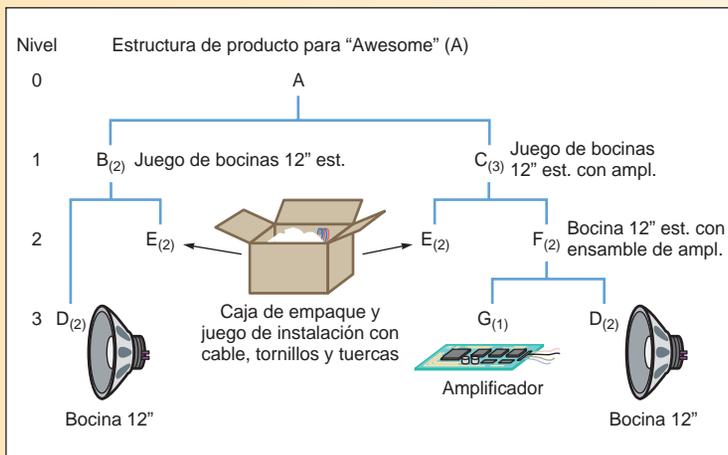
Lista de materiales (LDM)

Lista de los componentes, su descripción y la cantidad necesaria de cada una para hacer una unidad de un producto.

Ejemplo 1

La empresa Speaker Kits, Inc. empaqueta componentes de alta fidelidad para pedidos por correo. Los componentes del mejor juego de bocinas, “Awesome” (A), incluyen 2 juegos de bocinas estándar de 12” (B) y 3 juegos de bocinas con *booster* con amplificador (C).

Por su parte, cada B consta de dos bocinas (D) y 2 cajas de embalaje, cada una con un juego de instalación (E). Cada juego estéreo de 300 watts (C) contiene 2 bocinas con amplificador (F) y 2 juegos de instalación (E). Cada bocina con amplificador (F) incluye dos bocinas (D) y un amplificador (G). En total cada Awesome contiene 4 bocinas estándar de 12” y 12 bocinas de 12” con amplificador. (La mayor parte de los compradores requieren ayudas auditivas en dos años, y hay por lo menos un caso pendiente en la corte por daños estructurales en el dormitorio de una persona). Como se observa, la demanda de B, C, D, E, F y G es completamente dependiente del programa maestro de producción de A, es decir, los juegos de bocinas Awesome. Con esta información podemos construir la siguiente estructura de producto:



Esta estructura tiene cuatro niveles: 0, 1, 2 y 3. Hay cuatro padres: A, B, C y F. Cada artículo padre tiene cuando menos un nivel inferior. Los artículos B, C, D, E, F y G son componentes porque cada artículo tiene cuando menos un nivel superior. En esta estructura, B, C, y F son a la vez padres y componentes. El número dentro del paréntesis indica cuántas unidades se necesitan de ese artículo particular para hacer el artículo inmediatamente arriba de él. Así, B₍₂₎ significa que se requieren dos unidades de B para cada unidad A, y F₍₂₎ significa que se requieren dos unidades F para cada unidad C.

Una vez desarrollada la estructura de producto, se determina el número de unidades requeridas de cada artículo para satisfacer la demanda de un nuevo pedido de 50 juegos de bocinas Awesome. Esta información se despliega como sigue:

$$\begin{aligned}
 \text{Parte B: } & 2 \times \text{número de A} = && (2)(50) = && 100 \\
 \text{Parte C: } & 3 \times \text{número de A} = && (3)(50) = && 150 \\
 \text{Parte D: } & 2 \times \text{número de B} + 2 \times \text{número de F} = && (2)(100) + (2)(300) = && 800
 \end{aligned}$$

$$\text{Parte E: } 2 \times \text{número de B} + 2 \times \text{número de C} = (2)(100) + (2)(150) = 500$$

$$\text{Parte F: } 2 \times \text{número de C} = (2)(150) = 300$$

$$\text{Parte G: } 1 \times \text{número de F} = (1)(300) = 300$$

Entonces, para 50 unidades de A se necesitan: 100 unidades de B, 150 unidades de C, 800 unidades de D, 500 unidades de E, 300 unidades de F y 300 unidades de G.

Las listas de materiales, además de especificar los requerimientos, son útiles para determinar costos y pueden servir como listas de artículos que deben enviarse a producción o al personal de ensamble. Cuando se emplean de esta manera las listas de materiales suelen llamarse *listas de materiales por recoger*.

Listas modulares Las listas de materiales se organizan en torno a módulos de producto (véase el capítulo 3). Los módulos no son productos terminados para la venta, sino componentes que se producen y se ensamblan dentro de las unidades. Suelen ser componentes importantes de un producto terminado o las opciones del producto. Las listas de materiales para los módulos se conocen como **listas modulares**. Algunas veces las listas de materiales se organizan por módulos (en lugar de ser parte de un producto terminado) porque, tanto la programación de la producción como la producción en sí se facilitan al organizarse en torno a relativamente pocos módulos en lugar de a numerosos ensambles finales. Por ejemplo, una empresa fabrica 138,000 productos terminados, aunque quizá tenga sólo 40 módulos que se combinan e integran para producir los 138,000 productos finales. La empresa sólo desarrolla un plan agregado de producción y prepara un programa maestro de producción para los 40 módulos y no para las 138,000 configuraciones de productos finales. Este enfoque permite preparar un MPS para un número razonable de artículos (la porción angosta en el centro de la gráfica de la figura 11.3) y posponer el ensamble. Después pueden configurarse los 40 módulos según las órdenes específicas en el ensamble final.

Listas de planeación y listas fantasma Existen también otras dos clases especiales de listas de materiales: las listas de planeación y las listas fantasma. Las **listas de planeación** se crean para asignar un padre artificial a la lista de materiales. Estas listas se usan cuando **1.** se desea agrupar por subensambles para reducir el número de artículos en la programación y **2.** se quieren enviar “juegos” al departamento de producción. Por ejemplo, tal vez no sea eficiente enviar artículos poco costosos, como tuercas y tornillos, con cada uno de los numerosos subensambles, porque lo hacemos un “juego” de estos artículos y generamos una lista de planeación. Esta lista de planeación especifica qué *juego* debe enviarse a producción. En consecuencia, la lista de planeación también se conoce como **juego de materiales** o **juego**. Por su parte, las **listas fantasma de materiales** son listas de materiales para componentes, casi siempre subensambles, cuya existencia es temporal. Estos componentes van directamente a otro ensamble y nunca forman parte del inventario. Por lo tanto, los componentes de las listas fantasma se codifican para recibir un trato especial; sus tiempos de entrega son cero y se manejan como parte integral de su artículo padre. Un ejemplo es el eje de la transmisión con dirección y soportes ensamblados directamente como una transmisión.

Codificación por nivel más bajo La codificación por el nivel más bajo de un artículo en una LDM es necesaria cuando existe el mismo artículo en varios niveles de la LDM. **Codificación por el nivel más bajo** significa que el artículo recibe un código que identifica el nivel más bajo en que aparece. Por ejemplo, el artículo D en el ejemplo 1 se codifica según el nivel más bajo en que se usa. El artículo D puede codificarse como parte de B y ocurre en el nivel 2. No obstante, como D también es parte de F, y F es nivel 2, el artículo D se convierte en un artículo del nivel 3. La codificación por el nivel más bajo es una convención para facilitar el cálculo de los requerimientos de un artículo. Cuando una LDM contiene miles de artículos o cuando el cálculo de los requerimientos se repite con frecuencia, la facilidad y rapidez para los cálculos son una preocupación primordial.

Exactitud en los registros de inventario

Como se vio en el capítulo 10, saber qué hay en el inventario es el resultado de una buena administración de inventarios. Para que un sistema MRP funcione, es absolutamente necesario contar con una buena administración del inventario. Si la empresa aún no logra 99% de exactitud en sus registros, la planeación de requerimientos de materiales no funcionará.

Órdenes de compra pendientes

El conocimiento de los pedidos pendientes se genera como producto secundario del buen manejo de los departamentos de compras y control de inventarios. Cuando se ejecutan las órdenes de compra, el personal de producción debe tener acceso a los registros de los pedidos y las fechas de entrega programadas. Sólo el administrador que cuenta con la información correcta de compras puede preparar un buen plan de producción y ejecutar un sistema MRP efectivo.

Listas modulares

Lista de materiales organizada por subensambles principales o por opciones de producto.

Listas de planeación (o juegos)

Agrupación de materiales creada con el propósito de asignar un padre artificial a la lista de materiales.

Listas fantasma de materiales

Listas de materiales para componentes, casi siempre ensambles, que existen sólo temporalmente; nunca están en inventario.

Codificación por el nivel más bajo

Número que identifica a los artículos del nivel más bajo en que pueden ocurrir.

La codificación del nivel bajo asegura que los artículos siempre se ubiquen en su nivel más bajo de uso.

Para fabricantes como Harley-Davidson, que fabrican un gran número de productos terminados a partir de un número relativamente pequeño de opciones, las listas de materiales modulares son una solución efectiva.



Tiempos de entrega para cada componente

Tiempo de entrega

En los sistemas de compras, el tiempo que transcurre entre el reconocimiento de la necesidad de un pedido y su recepción; en los sistemas de producción, es la suma de los tiempos de ordenar, esperar, hacer cola, preparar y correr la producción de cada componente.

Después que el administrador establece cuándo se necesitan los productos, debe determinar cuándo adquirirlos. El tiempo requerido para adquirir un artículo (es decir, comprar, producir o ensamblar) se conoce como **tiempo de entrega**. Para un artículo manufacturado, el tiempo de entrega consiste en la suma de los *tiempos necesarios para mover, preparar y ensamblar o hacer una corrida* para cada componente. Para un artículo comprado, el tiempo de entrega incluye el tiempo desde que se reconoce la necesidad de colocar una orden y el momento en que está disponible para producción.

Cuando la lista de materiales para los juegos de bocinas Awesome (A), del ejemplo 1, se voltea de lado y se modifica agregándole los tiempos de entrega para cada componente (véase la tabla 11.2), tenemos una *estructura de producto escalonada*. En esta estructura el tiempo está en el eje horizontal en la figura 11.4, donde el artículo A debe estar terminado en la semana 8. Luego, cada componente se compensa para ajustar los tiempos de entrega.

TABLA 11.2 ■ Tiempos de entrega para los juegos de bocinas Awesome (A)

| COMPONENTE | TIEMPO DE ENTREGA |
|------------|-------------------|
| A | 1 semana |
| B | 2 semana |
| C | 1 semana |
| D | 1 semana |
| E | 2 semana |
| F | 3 semana |
| G | 2 semana |

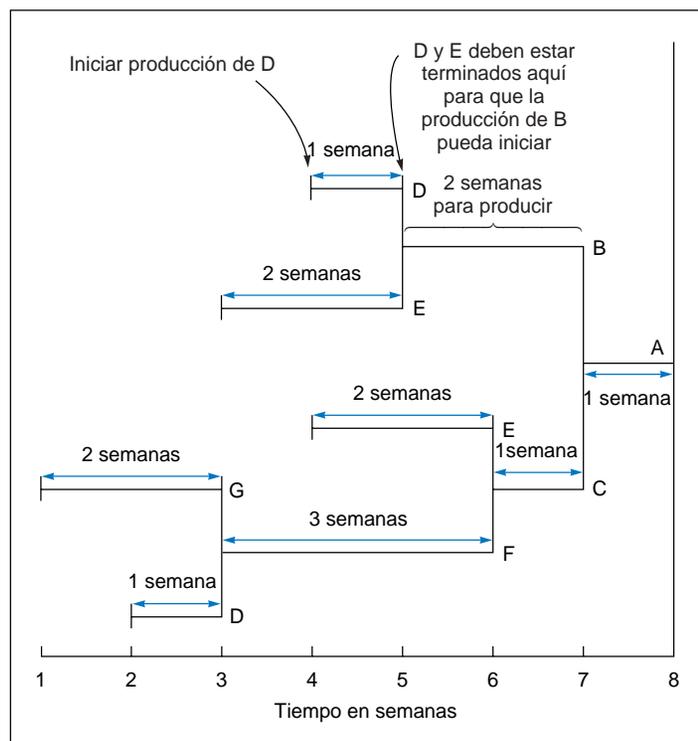
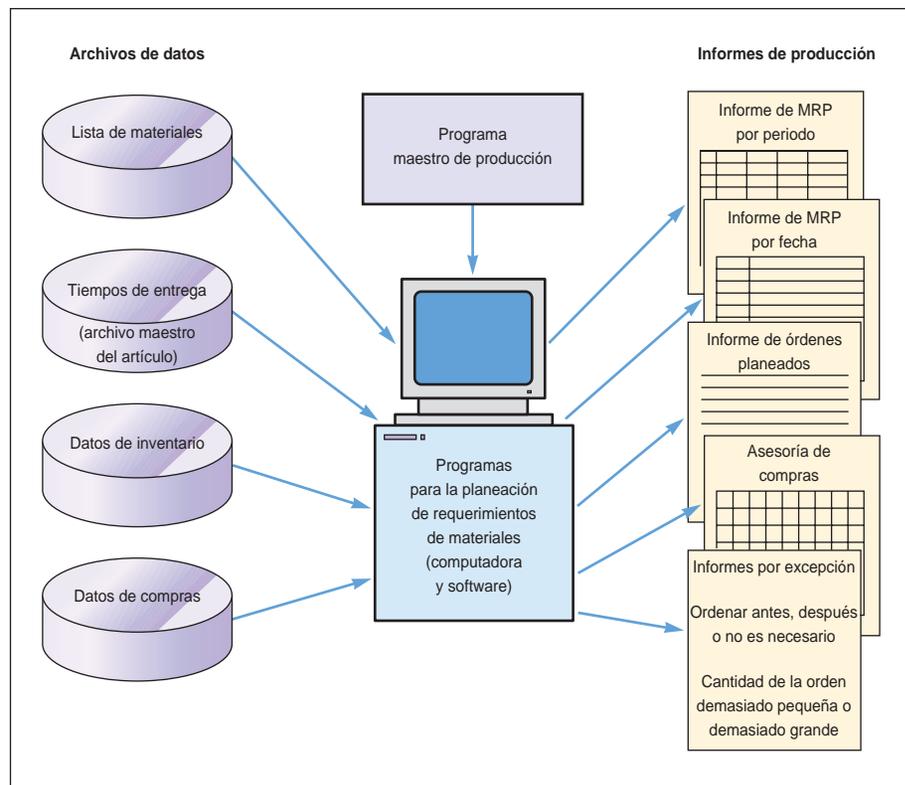


FIGURA 11.4 ■ Estructura escalonada del producto

FIGURA 11.5 ■

Estructura del sistema MRP

Los programas de software para MRP son populares porque muchas empresas enfrentan situaciones de demanda dependiente.



Plan de requerimientos de materiales global

Programa que muestra la demanda total de un artículo (antes de restar el inventario actual y las entregas programadas), así como **1.** cuándo debe colocarse una orden con los proveedores o **2.** cuándo debe iniciarse la producción para satisfacer su demanda en una fecha dada.

ESTRUCTURA MRP

Aun cuando la mayoría de los sistemas MRP son computarizados, su procedimiento es directo y puede ser manual. Los elementos de un sistema de planeación de requerimientos de materiales (figura 11.5) son: un programa maestro de producción, una lista de materiales, los registros de compras e inventario y los tiempos de entrega para cada artículo.

Una vez que se cuenta con estos elementos precisos, el siguiente paso es elaborar el plan de requerimientos de materiales global. El **plan de requerimientos de materiales global** es un programa o calendario (como el que se muestra en el ejemplo 2) que combina el programa maestro de producción (el cual requiere una unidad de A en la semana 8) con el programa escalonado (figura 11.4). Indica cuándo debe ordenarse un artículo a los proveedores si no hay artículos en inventario, o cuándo debe comenzar la producción de un artículo para satisfacer la demanda del producto terminado en una fecha dada.

Ejemplo 2

Cada juego de bocinas Awesome (artículo A en el ejemplo 1) requiere todos los artículos que se muestran en la estructura del producto A. Los tiempos de entrega se presentan en la tabla 11.2. Con esta información construimos el plan de requerimientos de materiales global y se obtiene la programación de la producción que nos permitirá cumplir con la demanda de 50 unidades de A en la semana 8. En la tabla 11.3 se muestra el resultado.

Los requerimientos de materiales globales que se muestran en la figura 11.3 se interpretan como sigue: si quiere 50 unidades de A en la semana 8, el ensamble de A debe comenzar en la semana 7. En consecuencia, en la semana 7 usted necesitará 100 unidades B y 150 unidades C. Estos artículos requieren 2 semanas y 1 semana, respectivamente, para producirlos. Entonces, la producción de B debe comenzar en la semana 5 y la producción de C en la semana 6 (el tiempo de entrega restado de la fecha en que se requieren estos artículos). Se pueden realizar los mismos cálculos para los demás artículos trabajando hacia atrás. Como D y E se usan en dos lugares para los juegos de bocinas Awesome, hay dos elementos en cada registro de datos.

El plan de requerimientos de materiales indica cuándo debe iniciarse y terminarse la producción de cada artículo para tener 50 unidades de A en la semana 8.

TABLA 11.3 ■ Plan de requerimientos de materiales global para 50 juegos de bocinas Awesome (A)

| | SEMANA | | | | | | | | TIEMPO DE ENTREGA | |
|---------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| A. Fecha en que se requiere | | | | | | | | | 50 | |
| Fecha de liberación de la orden | | | | | | | | 50 | | 1 semana |
| B. Fecha en que se requiere | | | | | | | | 100 | | |
| Fecha de liberación de la orden | | | | | 100 | | | | | 2 semanas |
| C. Fecha en que se requiere | | | | | | | | 150 | | |
| Fecha de liberación de la orden | | | | | | | | 150 | | 1 semana |
| E. Fecha en que se requiere | | | | | 200 | 300 | | | | |
| Fecha de liberación de la orden | | | 200 | 300 | | | | | | 2 semanas |
| F. Fecha en que se requiere | | | | | | | | 300 | | |
| Fecha de liberación de la orden | | | | | | | | 300 | | 3 semanas |
| D. Fecha en que se requiere | | | | | | 200 | | | | |
| Fecha de liberación de la orden | | 600 | | 200 | | | | | | 1 semana |
| G. Fecha en que se requiere | | | | | | | | | 300 | |
| Fecha de liberación de la orden | | 300 | | | | | | | | 2 semanas |

Por el momento sólo hemos considerado los *requerimientos globales de materiales*, que suponen que no hay inventario. Sin embargo, cuando sí hay artículos en inventario se procede a preparar un *plan de requerimientos netos*. Observe que cuando se toma en cuenta el nivel de inventario, es necesario considerar que muchos artículos en el inventario contienen subensambles o partes. Si el requerimiento global para los juegos de bocinas Awesome (A) es 100 y hay 20 de esas bocinas, entonces el requerimiento neto para los juegos de bocinas Awesome (A) es 80 (es decir, $100 - 20$). Sin embargo, cada juego de bocinas Awesome en inventario, tiene 2 de B. Es decir, que el requerimiento de B baja a 40 ($20 \text{ juegos A en existencia} \times 2 \text{ B por cada A}$). En consecuencia, cuando se tiene un artículo padre en el inventario, los requerimientos del artículo padre y todos sus componentes decrecen porque cada juego Awesome contiene los componentes de los artículos de nivel más bajo. En el ejemplo 3 se muestra cómo crear un plan de requerimientos netos.

Ejemplo 3

En el ejemplo 1 desarrollamos una estructura de producto a partir de una lista de materiales, y en el ejemplo 2 desarrollamos un plan de requerimientos global. Ahora con las siguientes existencias en inventario, construimos un plan de requerimientos netos.

| ARTÍCULO | EN INVENTARIO |
|----------|---------------|
| A | 10 |
| B | 15 |
| C | 20 |
| D | 10 |
| E | 10 |
| F | 5 |
| G | 0 |

Un plan de **requerimientos netos de materiales** incluye los requerimientos globales, el inventario actual, los requerimientos netos, la recepción planeada de la orden y la liberación planeada de la orden para cada artículo. Comenzamos con A y trabajamos todos los componentes hacia atrás. En la tabla de la página 530 se muestra el plan de requerimientos netos de materiales para el producto A.

La elaboración de un plan de requerimientos netos de materiales es semejante a la del plan de requerimientos de materiales global. Para determinar los requerimientos netos de todos los artículos, comenzamos con el artículo A y trabajamos hacia atrás. Para realizar estos cálculos, nos referimos a la estructura del producto, el inventario actual y los tiempos de entrega. Si el requerimiento total para A es de 50 unidades en la semana 8, y hay 10 artículos en existencia, los requerimientos netos y la **recepción planeada de la orden** son de 40 artículos en la semana 8. Como el tiempo de entrega es una semana, la **liberación planeada de la orden** es 40 artículos en la semana 7 (observe la flecha que conecta la recepción de la orden con la liberación de la misma). Al referirnos a la semana 7 y a la estructura del producto en el ejemplo 1, observamos que se requieren 80 (2×40) artículos de B, y 120 (3×40) de C en la semana 7 para tener un total de 50 artículos de A en la semana 8. El superíndice A a la derecha de la cifra global para los artículos B y C se generó como resultado de la demanda para el padre, A. Al realizar este mismo tipo de análisis para B y C, se obtienen los requerimientos netos de D, E, F y G. Observe que el inventario en el renglón E de la semana 6 es cero. El inventario es cero porque los artículos (10 unidades) se usaron para hacer B en la semana 5. En el mismo sentido, el inventario de D se usó para hacer F.

Requerimientos netos de materiales

Resultado de ajustar los requerimientos totales de acuerdo con las existencias en inventario y las recepciones programadas.

Recepción planeada de la orden

Cantidad que se planea recibir en una fecha futura.

Liberación planeada de la orden

Fecha planeada para liberar una orden.

| Tamaño del lote | Tiempo de entrega (en semanas) | Inventario actual | Inventario de seguridad | Asignados | Codificación por nivel más bajo | Identificación del artículo | Semana | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----|----|----|------------------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|----|-----|
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | | |
| Lote por Lote | 1 | 10 | — | — | 0 | A | Requerimientos globales | | | | | | | | | 50 | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | | | | 40 |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | | | | 40 |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | | | 40 | |
| Lote por Lote | 2 | 15 | — | — | 1 | B | Requerimientos globales | | | | | | | | | 80 ^A | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | | | | 65 |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | | | | 65 |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | 65 | | | |
| Lote por Lote | 1 | 20 | — | — | 1 | C | Requerimientos globales | | | | | | | | | 120 ^A | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | | | | 100 |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | | | | 100 |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | | 100 | | |
| Lote por Lote | 2 | 10 | — | — | 2 | E | Requerimientos globales | | | | | | 130 ^B | 200 ^C | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | 120 | 200 | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | 120 | 200 | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | 120 | 200 | | | | |
| Lote por Lote | 3 | 5 | — | — | 2 | F | Requerimientos globales | | | | | | | | 200 ^C | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | | | | 195 |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | | | | 195 |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | 195 | | | | | |
| Lote por Lote | 1 | 10 | — | — | 3 | D | Requerimientos globales | | | | 390 ^F | | 130 ^B | | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | 380 | | 130 | | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | 380 | | 130 | | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | 380 | | 130 | | | | |
| Lote por Lote | 2 | 0 | — | — | 3 | G | Requerimientos globales | | | | 195 ^F | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | | | | | 0 | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | 195 | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | 195 | | | | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | 195 | | | | | | | | | | |

Plan de requerimientos netos de material para el producto A. Observe que el superíndice representa la fuente de la demanda.

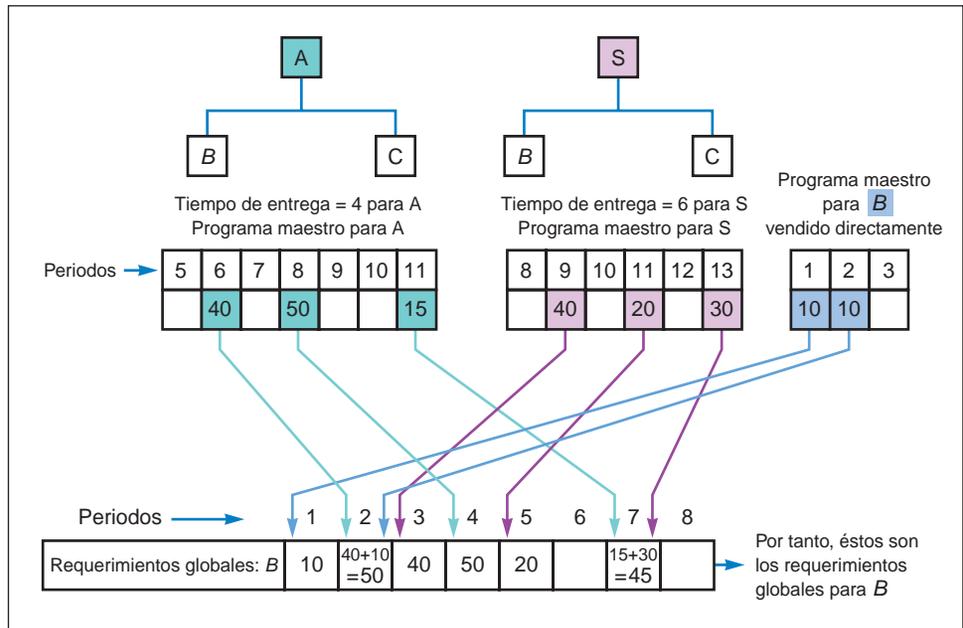
Los ejemplos 2 y 3 únicamente consideran el producto A, o sea el juego de bocinas Awesome, y su terminación en la semana 8. Es decir, que se requerían 50 unidades de A en la semana 8. Sin embargo, por lo regular la demanda de productos ocurre en el tiempo. Por ello, la administración debe preparar un programa maestro de producción para cada producto (como se vio en la figura 11.1). La producción programada de cada producto se agrega al programa maestro y finalmente al plan de requerimientos netos de materiales. La figura 11.6 muestra cómo varios programas de productos, que incluyen los requerimientos de componentes que se venden directamente, contribuyen para formar un solo plan de requerimientos de materiales global.

Muchos sistemas de inventarios también registran el número de unidades en el inventario asignadas a alguna producción futura específica y que aún no se usa o sale del almacén. Estos artículos se conocen como artículos *asignados*. Estos artículos asignados incrementan los requerimientos y tal vez se incluyan en una hoja de planeación MRP, como se ve en la figura 11.7.

FIGURA 11.6 ■

Varios programas contribuyen al programa de requerimientos globales de B

Cada A contiene una "B" y cada S contiene una "B"; además, 10 B que se venden directamente están programadas para la semana 1, y 10 más vendidas directamente están programadas para la semana 2.



| Tamaño del lote | Tiempo de entrega | Inventario actual | Inventario de seguridad | Asignadas | Código por nivel más bajo | Identificación del artículo | Periodo | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | | |
| Lote por lote | 1 | 0 | 0 | 10 | 0 | Z | Requerimientos globales | | | | | | | | | 80 | 90 |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | | | 0 |
| | | | | | | | Inventario proyectado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | | | 90 |
| | | | | | | | Recepciones de órdenes planeadas | | | | | | | | | | 90 |
| | | | | | | | Liberaciones de órdenes planeadas | | | | | | | | 90 | | |

FIGURA 11.7 ■ Muestra de hoja de planeación MRP para el artículo Z

La cantidad asignada tiene el efecto de incrementar los requerimientos (o bien, reducir la cantidad en inventario). Entonces la lógica para calcular un requerimiento neto MRP es

$$\underbrace{\left[\left(\begin{matrix} \text{requerimientos} \\ \text{globales} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{asignaciones} \end{matrix} \right) \right]}_{\text{requerimientos globales}} - \underbrace{\left[\left(\begin{matrix} \text{inventario} \\ \text{actual} \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} \text{recepciones} \\ \text{programadas} \end{matrix} \right) \right]}_{\text{inventario disponible}} = \text{requerimientos netos}$$

ADMINISTRACIÓN MRP

El plan de requerimientos de materiales no es estático. Como los sistemas MRP se integran cada vez más con las técnicas justo a tiempo (JIT), se analizarán ahora estos dos aspectos.

Dinámica MRP

Las listas de materiales y los planes de requerimientos de materiales se alteran cuando se modifican el diseño, los programas y los procesos de producción. Además, los requerimientos de materiales tienen cambios cada vez que se modifica el programa maestro de producción. Sin importar la causa de estos cambios, el modelo MRP se manipula para reflejarlos. De esta forma, es posible contar con una programación de requerimientos actualizada.

Como ocurren cambios en los datos del MRP, los requerimientos MRP suelen calcularse de nuevo cada semana. De manera conveniente, una de las fortalezas de MRP es su capacidad para *replanear* con oportuni-

Nerviosismo del sistema

Cambios frecuentes en el sistema MRP.

Barreras de tiempo

Una manera de permitir que un segmento del programa maestro se designe como “no debe reprogramarse”.

Rastreo inverso

En los sistemas de planeación de requerimientos de materiales, seguimiento hacia arriba en la lista de materiales (LDM) del componente al artículo padre.

dad y precisión. No obstante, muchas empresas simplemente no desean responder a cambios menores en programación o cantidad, incluso teniendo conocimiento de ellos. Los cambios frecuentes generan lo que se conoce como **nerviosismo del sistema** y, si se implantan, pueden causar estragos en los departamentos de producción y compras. Con el propósito de reducir este nerviosismo, el personal de AO debe evaluar la necesidad y el impacto de dichos cambios antes de distribuir solicitudes a otros departamentos. Cuando se busca disminuir el nerviosismo en los sistemas MRP, dos herramientas resultan particularmente útiles.

La primera es barreras de tiempo. El uso de **barreras de tiempo** permite que un segmento del programa maestro se identifique como “no debe reprogramarse”. En consecuencia, este segmento no se modificará durante la regeneración periódica de la programación. La segunda herramienta es rastreo inverso (*pegging*). **Rastreo inverso** significa dar seguimiento hacia arriba, en la lista de materiales, del componente al artículo padre. Mediante un rastreo inverso, quien planea la producción determina la causa del requerimiento y juzgar la necesidad de un cambio en la programación.

Con MRP, el administrador de operaciones *puede* reaccionar a la dinámica del mundo real. La frecuencia con que se impondrán dichos cambios en la empresa, queda al juicio profesional del administrador. Más aún, si el nerviosismo tiene su origen en cambios legítimos, entonces quizá la respuesta apropiada sea investigar el entorno de producción, no el ajuste de MRP.³

MRP y JIT

MRP es una técnica de planeación y programación con tiempos de entrega *fijos*, mientras que el sistema justo a tiempo (JIT) es una forma de mover los materiales con agilidad. Sin embargo, los tiempos fijos de entrega son una limitación. Por ejemplo, el tiempo de entrega para producir 50 unidades variaría de manera significativa del tiempo de entrega para producir una unidad. Esta limitación complica el acoplamiento entre MRP y JIT. En muchos sentidos, sin embargo, la combinación de MRP y JIT ofrece lo mejor de ambos sistemas. MRP proporciona un buen programa maestro y una imagen precisa de los requerimientos, mientras que JIT reduce el inventario en proceso. Se presentan dos aproximaciones a la integración de ambos sistemas: cubos pequeños y flujo balanceado.

Enfoque de cubos pequeños MRP es una herramienta excelente para la administración de recursos y programación en instalaciones orientadas al proceso, es decir, en talleres de producción intermitente. Este tipo de instalaciones incluyen talleres de máquinas, hospitales y restaurantes, donde los tiempos de entrega son relativamente estables y se espera que haya poco equilibrio entre los centros de trabajo. A menudo la programación de los trabajos se rige por las órdenes de trabajo, y los tamaños de lotes se determinan por la explosión de materiales. En estas empresas, MRP se puede integrar con JIT mediante los siguientes pasos.

Cubos

Unidades de tiempo en un sistema de requerimientos de materiales (MRP).

Sistemas sin cubos

Se hace referencia a los datos escalonados usando registros con fechas en lugar de periodos definidos o cubos.

Limpieza inversa

Sistema para reducir los saldos de inventario restando todo lo que contempla una lista de materiales al completarse la unidad.

Paso 1: Reducir los “cubos” de MRP de semanas a días o tal vez horas. En los sistemas MRP los **cubos** son las unidades de tiempo. Aunque se han empleado *cubos semanales* en los ejemplos de este capítulo, actualmente muchas empresas usan cubos diarios o incluso de fracciones de día. Algunos sistemas emplean **sistemas sin cubos** en los cuales todos los datos escalonados en el tiempo tienen fechas anexas en lugar de periodos definidos o cubos.

Paso 2: Las recepciones planeadas, que forman parte de las órdenes planeadas de una empresa en un sistema MRP, se comunican a las áreas de trabajo para propósitos de producción y se utilizan para dar secuencia a la producción.

Paso 3: El inventario se mueve a través de la planta con base en un sistema JIT.

Paso 4: A medida que los productos se completan, se mueven al almacén (comúnmente el inventario de bienes terminados) en la forma normal. La recepción de estos productos terminados reduce las cantidades requeridas para las órdenes subsiguientes en el sistema MRP.

Paso 5: Se emplea un sistema conocido como *limpieza inversa* de registros con la finalidad de reducir los saldos de inventario. La **limpieza inversa** se basa en las listas de materiales para restar las cantidades de componentes del inventario a medida que se termina cada unidad.

El enfoque en estas instalaciones es cumplir con la programación. Nissan ha logrado éxitos con este enfoque mediante vínculos computarizados de comunicación con el proveedor. La programación se confirma, actualiza o cambia cada 15 o 20 minutos. El proveedor hace entregas de 4 a 16 veces por día. El desempeño del programa maestro es de 99% a tiempo, según las mediciones cada hora. La entrega a tiempo de los proveedores es de 99%, y para las partes manufacturadas por pieza, de 99.5 por ciento.

³Jay H. Heizer, “The Production Manager Can Be a Good Guy in the Factory with a Future”, *APICS-The Performance Advantage* (julio de 1994): 30-34.

Enfoque de flujo balanceado La planeación de requerimientos de materiales sirve de apoyo a la planeación y programación necesarias para las operaciones repetitivas, como las líneas de ensamble en Harley-Davidson, Whirlpool y muchas otras compañías donde se combina la parte de planeación de MRP con la ejecución justo a tiempo. La parte de JIT emplea *kanbans*, apoyos visuales y proveedores confiables para “jalar” los materiales dentro de las instalaciones. La ejecución en estos sistemas se logra manteniendo un cuidadoso balance del flujo de los materiales a las áreas de ensamble en lotes pequeños.⁴

TÉCNICAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LOTE

Un sistema MRP es una excelente manera de determinar los programas de producción y los requerimientos netos. No obstante, siempre que se tiene un requerimiento neto, debe tomarse una decisión de *cuánto* ordenar. Esta decisión se llama **decisión del tamaño de lote**. Existen diversas formas de determinar los tamaños de los lotes en un sistema MRP; los programas de cómputo comerciales para la planeación de requerimientos de materiales casi siempre incluyen varias técnicas para el tamaño de lote. A continuación se revisarán algunas de ellas.

Decisión del tamaño de lote

El proceso de, o técnicas usadas para determinar el tamaño de lote.

Lote por lote

Técnica para determinar el tamaño del lote que genera exactamente lo que se requiere para cumplir el plan.

Lote por lote La técnica usada en el ejemplo 3 se conoce como **lote por lote**, y produjo exactamente lo que se requería. Esta decisión es congruente con el objetivo de un sistema MRP, que consiste en satisfacer los requerimientos de la demanda *dependiente*. Por lo tanto, el sistema MRP debe producir unidades solamente cuando se necesitan, sin inventario de seguridad y sin previsión para otros pedidos. Cuando es económico ordenar con frecuencia y se implantan técnicas de inventario justo a tiempo, el lote por lote puede ser muy eficiente. Sin embargo, cuando los costos de preparación son significativos o la administración no ha podido implantar un sistema JIT, la técnica lote por lote llega a ser costosa. En el ejemplo 4 se usa un criterio de lote por lote y se determina el costo para 10 semanas de demanda.

Ejemplo 4

Speaker Kits, Inc. quiere calcular sus costos de ordenar y mantener inventario con un criterio de lote por lote. Speaker Kits determinó que para el ensamble de la bocina de 12" con amplificador, el costo de preparación es \$100, y el costo de mantener inventario \$1 por periodo. El programa de producción, como se refleja en los requerimientos netos de los ensambles, es el siguiente:

PROBLEMA MRP DEL TAMAÑO DE LOTE: TÉCNICA LOTE POR LOTE

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|----|----|----|---|----|----|----|---|----|----|
| Requerimientos globales | 35 | 30 | 40 | 0 | 10 | 40 | 30 | 0 | 30 | 55 |
| Recepciones programadas | | | | | | | | | | |
| Inventario proyectado | 35 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Requerimientos netos | 0 | 30 | 40 | 0 | 10 | 40 | 30 | 0 | 30 | 55 |
| Recepción de órdenes planeada | | 30 | 40 | | 10 | 40 | 30 | | 30 | 55 |
| Liberación de órdenes planeada | | 30 | 40 | | 10 | 40 | 30 | | 30 | 55 |

Costos de mantener = \$1/unidad/semana; costos de preparación = \$100; requerimientos globales promedio por semana = 27; tiempo de entrega = 1 semana.

La tabla muestra la solución del tamaño de lote usando la técnica de lote por lote y su costo. El costo de mantener es cero, pero siete preparaciones separadas (cada una asociada con cada orden) llevan a un costo total de \$700.

El uso de MRP es preferible cuando se tiene una demanda *dependiente*. Las técnicas estadísticas, como EOQ, quizá sean mejores cuando la demanda es *independiente*.

Lote económico Como se analizó en el capítulo 10, el EOQ se usa como técnica para determinar el tamaño de lote. Pero tal como se indica, es preferible usar EOQ cuando existe una demanda *relativamente constante*, no cuando *se conoce* la demanda. El lote económico es una técnica estadística que usa promedios (como demanda promedio para un año), mientras que el procedimiento MRP supone una demanda *conocida* (dependiente) que se refleja en el programa maestro de producción. Los administradores de operaciones deben aprovechar la información de la demanda cuando se conoce, en lugar de suponer que la demanda es constante. En el ejemplo 5 se examina la técnica EOQ.

⁴Un análisis relacionado se encuentra en Sylvain Landry, Claude R. Duguay, Sylvain Chausse y Jean-Luc Themens, “Integrating MRP, Kanban and Bar-Coding Systems to Achieve JIT Procurement”, *Production and Inventory Management Journal* (primer trimestre de 1997): 8-12.

Esta línea de ensamble de Nissan, en Smyrna, Tennessee, maneja poco inventario debido a que Nissan programa con un margen castigado. El sistema MRP ayuda a reducir el inventario a estándares de clase mundial. El ensamble de automóviles de clase mundial exige que las partes compradas tengan una rotación ligeramente mayor que una vez al día y que la rotación global se acerque a 150 veces al año.



Ejemplo 5

Con un costo de preparación de \$100 y un costo de mantener de \$1 por semana, Speaker Kits, Inc. examina sus costos con tamaños de lotes basados en un criterio EOQ. Use los mismos requerimientos que en el ejemplo 4, y los requerimientos netos y tamaños de lotes que se presentan a continuación:

PROBLEMA MRP DE TAMAÑO DE LOTE: TÉCNICA EOQ

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Requerimientos globales | 35 | 30 | 40 | 0 | 10 | 40 | 30 | 0 | 30 | 55 |
| Recepciones programadas | | | | | | | | | | |
| Inventario proyectado | 35 | 35 | 0 | 43 | 3 | 3 | 66 | 26 | 69 | 39 |
| Requerimientos netos | 0 | 30 | 0 | 0 | 7 | 0 | 4 | 0 | 0 | 16 |
| Recepción de órdenes planeada | | 73 | | | 73 | | 73 | | | 73 |
| Liberación de órdenes planeada | 73 | | | 73 | | 73 | | | 73 | |

Costos de mantener = \$1/unidad/semana; costos de preparación = \$100; promedio de requerimientos globales por semana = 27; tiempo de entrega = 1 semana.

El uso de 10 semanas es igual a los requerimientos globales de 279 unidades; por tanto, la demanda semanal es igual a 27 y el uso en 52 semanas (uso anual) es 1,404 unidades. Del capítulo 12, el modelo EOQ es

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

donde D = uso anual = 1,404
 S = costo de preparación = \$100
 H = costo de mantener (manejo), anual por unidad
 = \$1 × 52 semanas = \$52

$$Q^* = 73 \text{ unidades}$$

$$\text{Preparaciones} = 1,404/73 = 19 \text{ por año}$$

$$\text{Costo de preparación} = 19 \times \$100 = \$1,900$$

$$\text{Costo de mantener} = \frac{73}{2} \times (\$1 \times 52 \text{ semanas}) = \$1,898$$

$$\text{Costo de preparación} + \text{costo de mantener} = \$1,900 + 1,898 = \$3,798$$

La solución EOQ arroja un costo calculado para 10 semanas de \$730 [$\$3,798 \times (10 \text{ semanas}/52 \text{ semanas}) = \730]

Balance parcial del periodo (PPB)

Técnica para ordenar inventario que equilibra los costos de mantener y preparar mediante el cambio del tamaño del lote, para que refleje los requerimientos del siguiente tamaño del lote en el futuro.

Parte económica del periodo (EPP)

Lapso en el que la razón del costo de preparación entre el costo de mantener es igual.

Observe que los verdaderos costos de mantener varían de los \$730 calculados, dependiendo de la tasa de uso real. De la tabla anterior, podemos observar que en nuestro ejemplo de las 10 semanas, \$400 son en realidad los costos de cuatro preparaciones, más el costo de mantener 312 unidades a \$1 por semana, para un total de \$718. Como el uso no fue constante, el costo calculado real fue menor que el teórico de EOQ (\$730), pero mayor que el de la regla de lote por lote (\$700). Si hubiese ocurrido cualquier faltante, estos costos también se hubieran agregado al EOQ real de \$718.

Balance parcial del periodo Un enfoque más dinámico para equilibrar los costos de mantener y preparar es el **balance parcial del periodo (PPB, part period balancing)**.⁵ El PPB emplea información adicional cambiando el tamaño del lote para que refleje los requerimientos del siguiente tamaño del lote en el futuro. El PPB busca equilibrar los costos de mantener inventario con los de preparación para demandas conocidas. El balance parcial del periodo desarrolla una **parte económica del periodo (EPP, economic part period)**, que es la razón entre el costo de preparación y el costo de mantener. Para nuestro ejemplo de Speaker Kits, el $EPP = \$100/\$1 = 100$ unidades. Por lo tanto, mantener 100 unidades durante un periodo costaría \$100, exactamente el costo de una preparación. De manera similar, mantener 50 unidades durante dos periodos también cuesta \$100 (2 periodos \times \$1 \times 50 unidades). El PPB sólo suma requerimientos hasta que el número de periodos parciales se aproxima al EPP, en este caso 100. En el ejemplo 6 se ilustra la aplicación del balance parcial del periodo.

Ejemplo 6

De nuevo, Speaker Kits, Inc. calcula los costos asociados con un tamaño del lote usando \$100 como costo de preparación y \$1 como costo de mantener. Sin embargo, esta vez usa el balance parcial del periodo. Los datos se muestran en la siguiente tabla:

CÁLCULOS DE PPB

| PERIODOS COMBINADOS | TAMAÑO DEL LOTE DE PRUEBA (REQUERIMIENTOS NETOS ACUMULADOS) | PARTE DEL PERIODO | COSTOS | | |
|--|---|---|-------------|----------|-------|
| | | | PREPARACIÓN | MANTENER | TOTAL |
| 2 | 30 | 0 | | | |
| 2, 3 | 70 | 40 = 40 \times 1 | | | |
| 2, 3, 4 | 70 | 40 | | | |
| 2, 3, 4, 5 | 80 | 70 = 40 \times 1 + 10 \times 3 | 100 | + | 70 = |
| 2, 3, 4, 5, 6 | 120 | 230 = 40 \times 1 + 10 \times 3 + 40 \times 4 | | | |
| <i>(Por tanto, combine los periodos del 2 al 5; 70 es lo mas cerca del EPP de 100 que vamos a llegar).</i> | | | | | |
| 6 | 40 | 0 | | | |
| 6, 7 | 70 | 30 = 30 \times 1 | | | |
| 6, 7, 8 | 70 | 30 = 30 \times 1 + 0 \times 2 | | | |
| 6, 7, 8, 9 | 100 | 120 = 30 \times 1 + 30 \times 3 | 100 | + | 120 = |
| <i>(Por tanto, combine los periodos del 2 al 5; 70 es lo más cerca del EPP de 100 que vamos a llegar).</i> | | | | | |
| 10 | 55 | 0 | 100 | + | 0 = |
| | | | 300 | + | 190 = |
| | | | | | 490 |

PROBLEMA MRP DE TAMAÑO DE LOTE: TÉCNICA PPB

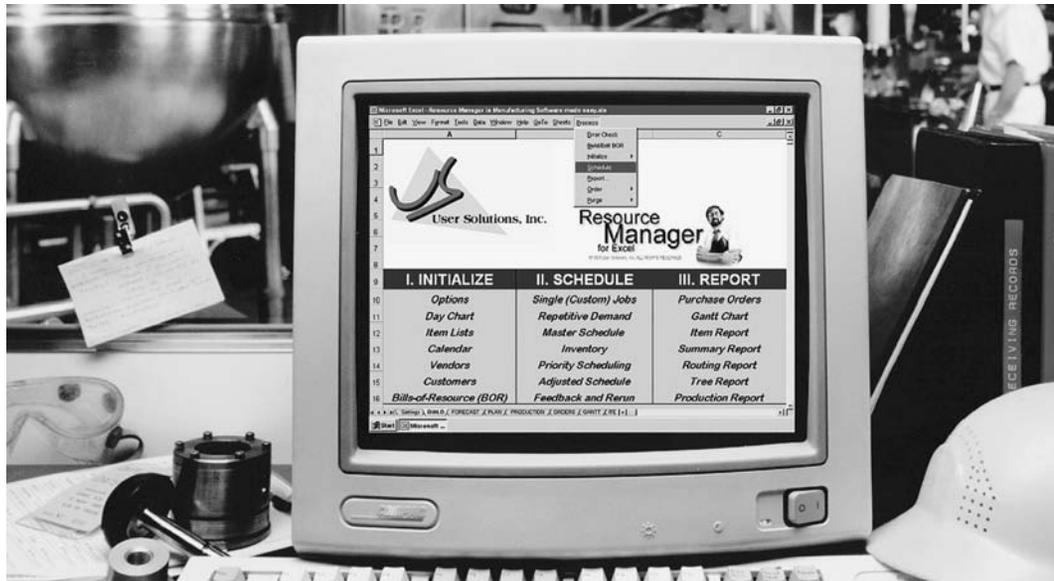
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|
| Requerimientos globales | 35 | 30 | 40 | 0 | 10 | 40 | 30 | 0 | 30 | 55 |
| Recepciones programadas | | | | | | | | | | |
| Inventario proyectado | 35 | 35 | 0 | 50 | 10 | 10 | 0 | 60 | 30 | 30 |
| Requerimientos netos | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| Recepción de órdenes planeada | | 80 | | | | 100 | | | | 55 |
| Liberación de órdenes planeada | 80 | | | | 100 | | | | 55 | |

Costos de mantener = \$1/unidad/semana; costos de preparación = \$100; promedio de requerimientos globales por semana = 27; tiempo de entrega = 1 semana.

El EPP es 100 (el costo de preparación dividido entre el costo de mantener = \$100/\$1). El primer lote cubre los periodos 1, 2, 3, 4 y 5, y es de 80.

Los costos globales son \$490: los costos de preparación suman \$300 y los costos de mantener \$190.

⁵J. J. DeMatteis, "An Economic Lot-Sizing Technique: The Part-Period Algorithms", *IBM System Journal* 7 (1968): 30-38.



Existen muchos programas comerciales de MRP como el Resource Manager para Excel y DB. En la fotografía se muestra la pantalla del menú de inicio del Resource Manager. Los estudiantes pueden disponer de un programa de demostración en www.usersolutions.com.

Procedimiento Wagner-Whitin

Técnica para calcular el tamaño de lote que supone un horizonte finito, más allá del cual no hay más requerimientos netos adicionales para llegar a una estrategia para ordenar.

Algoritmo de Wagner-Whitin El procedimiento Wagner-Whitin es un modelo de programación dinámica que agrega cierta complejidad al cálculo del tamaño de lote. Supone un horizonte de tiempo finito más allá del cual no hay requerimientos netos adicionales. No obstante, proporciona buenos resultados.⁶ Esta técnica se usa rara vez en la práctica, aunque esto cambiaría con una mayor comprensión y las mejoras constantes al software.

Resumen del tamaño de lote En los tres ejemplos de tamaño de lote en Speaker Kits, encontramos los siguientes costos.

| | |
|-----------------------------|-------|
| Lote por lote | \$700 |
| EOQ | \$730 |
| Balance parcial del periodo | \$490 |

Sin embargo, estos ejemplos no deben llevar al personal de operaciones a conclusiones apresuradas sobre la técnica preferida para resolver el tamaño de lote. En teoría, debe calcularse un nuevo tamaño de lote cada vez que ocurre algún cambio en la programación o en el tamaño de lote en cualquier parte de la jerarquía del sistema MRP. En la práctica estos cambios generan la inestabilidad y el nerviosismo en el sistema mencionado en este capítulo. En consecuencia, estos cambios tan frecuentes no se realizan. Esto significa que todos los tamaños de lote están equivocados porque el sistema de producción no puede responder a los cambios frecuentes.

En general, siempre que sea económico debe usarse el enfoque lote por lote, que es la meta. Los lotes se modifican cuando se necesita para tomar en cuenta el desperdicio, las restricciones del proceso (un proceso para el tratamiento con calor puede exigir un tamaño de lote determinado), o el tamaño de lotes de materia prima comprados (los lotes de químicos que se compran por carga de camión pueden estar disponibles sólo en un tamaño). Sin embargo, antes de modificar cualquier tamaño de lote es necesario tener precaución porque la modificación podría ocasionar una distorsión sustancial en los requerimientos reales de niveles inferiores de la jerarquía del sistema MRP. Cuando los costos de preparación son significativos y la demanda es razonablemente estable, las técnicas de balanceo parcial del periodo (PPB), Wagner-Whitin o incluso EOQ deben proporcionar resultados satisfactorios. Debido a la dinámica de los sistemas MRP, la preocupación excesiva por el tamaño de los lotes puede dar una precisión falsa. Sólo después de conocer los datos es posible determinar el tamaño de lote correcto, con base en lo que realmente ocurre en términos de requerimientos.⁷

⁶Véase James M. Fordyce y Francis M. Webster, "The Wagner-Whitin Algorithm Made Simple", *Production and Inventory Management* (segundo trimestre de 1984): 21-27. Este artículo proporciona una explicación directa de la técnica de Wagner-Whitin, según los autores. El algoritmo Wagner-Whitin genera un costo de \$455 para los datos de los ejemplos 4, 5 y 6.

⁷Véase los argumentos de Joseph Orlicky, *Material Requirements Planning* (Nueva York: McGraw-Hill, 1975): 136-137; y G. Nandakumar, "Lot-Sizing Techniques in a Multiproduct Multilevel Environment", *Production and Inventory Management* 26 (primer trimestre de 1985): 46-54.

EXTENSIONES DE MRP

En los últimos años ha tenido lugar el desarrollo de varias extensiones de MRP. En esta sección se revisarán tres de ellas.

Sistema MRP de ciclo cerrado

Sistema que proporciona retroalimentación al plan de la capacidad, al programa maestro de producción y al plan de producción, con la finalidad de mantener en todo momento la validez del plan.

Informes de carga de trabajo

Informe para mostrar los requerimientos de recursos en un centro de trabajo para todos los trabajos asignados, así como todas las órdenes planeadas y esperadas.

MRP de ciclo cerrado

Planeación de requerimientos de materiales de ciclo cerrado implica un sistema MRP que retroalimenta la programación a partir del sistema de control de inventarios. Específicamente, el **sistema MRP de ciclo cerrado** proporciona información al plan de la capacidad, al programa maestro de producción y por último al plan de producción (como se muestra en la figura 11.8). Prácticamente todos los sistemas MRP comerciales son de ciclo cerrado.

Planeación de la capacidad

Congruente con la definición de MRP de ciclo cerrado, la retroalimentación acerca de las cargas de trabajo se obtiene de cada centro de trabajo. Los **informes de carga de trabajo** muestran los requerimientos de recursos de un centro de trabajo para todo el trabajo asignado a ese centro, todo el trabajo planeado y los pedidos esperados. En la figura 11.9a se muestra que la carga inicial en el centro de laminado excede la capacidad en las semanas 4 y 6. Los sistemas MRP de ciclo cerrado permiten que los encargados de la planeación de la producción distribuyan el trabajo entre los periodos para equilibrar las cargas o, cuando menos, ajustarlas a la capacidad. (Éste es el aspecto de “planeación de la capacidad” de la figura 11.8). En el sistema MRP de ciclo cerrado es posible entonces, reprogramar todos los elementos que comprenden el plan de requerimientos netos (véase la figura 11.9b).

FIGURA 11.8 ■

Planeación de requerimientos de materiales de ciclo cerrado

Fuente: adaptado de *Capacity Planning and Control Study Guide*, (Alexandria, VA: American Production and Inventory Control Society). Reimpreso con autorización.

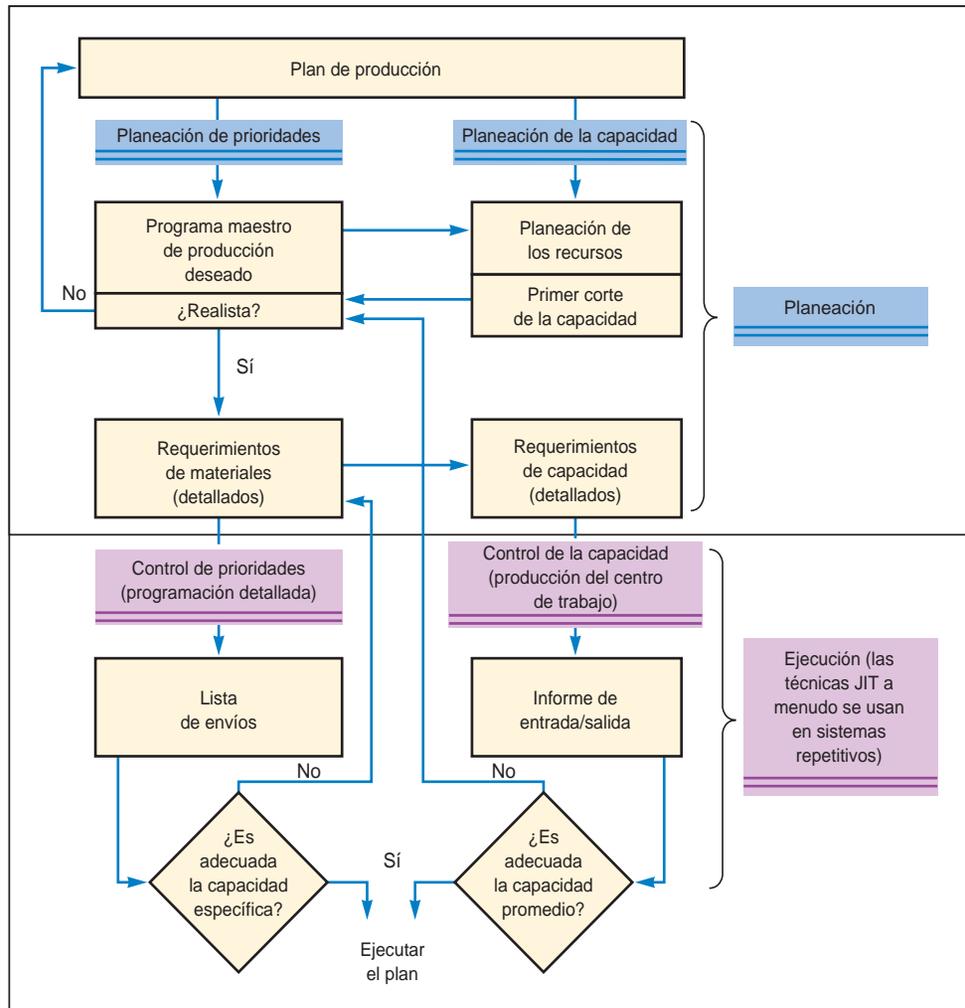
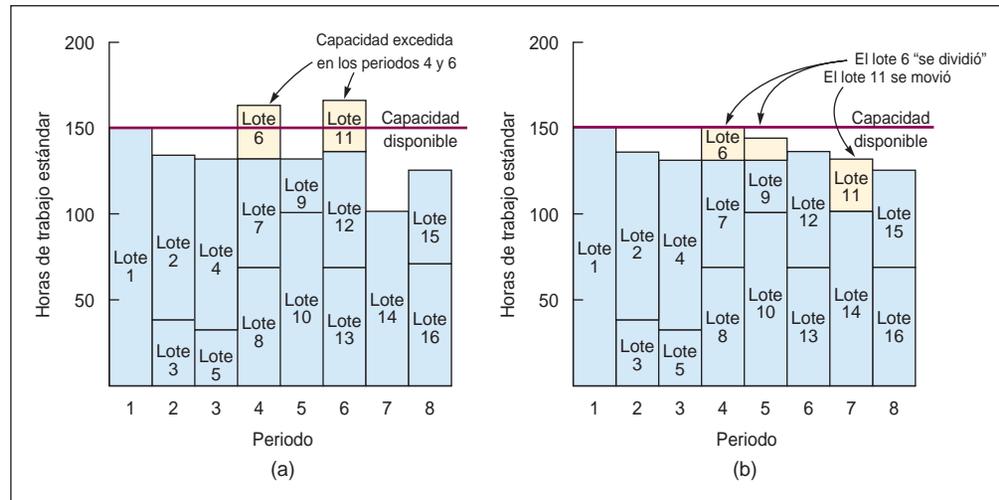


FIGURA 11.9 ■

a) Perfil de requerimientos de recursos iniciales para un centro de laminado, b) Perfil de requerimientos de recursos suavizado para un centro de laminado



Las tácticas para suavizar la carga de trabajo y minimizar el efecto de los cambios en el tiempo de entrega incluyen las siguientes:

1. *Superposición*, reduce el tiempo de entrega, envía piezas a la segunda operación antes de terminar el lote completo en la primera operación.
2. *División de las operaciones*, envía el lote a dos máquinas distintas para realizar la misma operación. Implica una preparación adicional, pero da como resultado tiempos más cortos de salida, porque sólo parte del lote se procesa en cada máquina.
3. *División del lote*, implica fragmentar el orden y comenzar parte de su producción antes de lo programado.

Estas tácticas no son adecuadas cuando la carga de trabajo excede de manera constante la capacidad del centro de trabajo, ya que puede significar la necesidad de agregar más capacidad. Las opciones incluyen agregar capacidad por medio de personal, maquinaria, tiempo extra o subcontratación.

Planeación de requerimientos de materiales II (MRP II)

La **planeación de requerimientos de materiales II** es una técnica muy poderosa. Una vez que la empresa implanta MRP, los datos del inventario pueden aumentarse con las horas de trabajo, el costo de los materiales (en lugar de la cantidad de material), el costo de capital o prácticamente con cualquier recurso. En general, cuando MRP se usa de esta manera se conoce como **MRP II**, y el término *recursos* usualmente sustituye a *requerimientos*. Entonces, MRP significa planeación de *recursos* de materiales.

Por ejemplo, hasta ahora en el análisis de MRP nos hemos referido a unidades programadas (cantidades). Sin embargo, cada una de estas unidades requiere recursos además de sus componentes. Estos recursos adicionales incluyen horas-trabajo, horas-máquina y cuentas por pagar (dinero en efectivo). Cada uno de estos recursos se utiliza en un formato MRP tal como se usaron las cantidades. La tabla 11.4 muestra cómo determinar las horas-trabajo, las horas-máquina y el dinero en efectivo que requiere el

TABLA 11.4 ■

Planeación de recursos de materiales (MRP II)

Con la lógica de la MRP pueden determinarse y programarse con precisión recursos como, mano de obra, horas-máquina y costo. Se muestran demanda semanal de mano de obra, horas-máquina y cuentas por pagar para 100 unidades.

| | SEMANA | | | |
|---|--------|---|-------|-------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 |
| A. Unidades (tiempo de entrega 1 semana) | | | | 100 |
| Mano de obra: 10 horas cada una | | | | 1,000 |
| Máquina: 2 horas cada una | | | | 200 |
| Cuentas por pagar: \$0 cada una | | | | 0 |
| B. Unidades (tiempo de entrega 2 semanas; 2 por cada una requerida) | | | 200 | |
| Mano de obra: 10 horas cada una | | | 2,000 | |
| Máquina: 2 horas cada una | | | 400 | |
| Cuentas por pagar: materia prima \$5 cada una | | | 1,000 | |
| C. Unidades (tiempo de entrega 4 semanas; 3 por cada una requerida) | 300 | | | |
| Mano de obra: 2 horas cada una | 600 | | | |
| Máquina: 1 hora cada una | 300 | | | |
| Cuentas por pagar: materia prima, \$10 cada una | 3,000 | | | |

programa maestro de producción para cada periodo. Luego estos requerimientos se comparan con la capacidad respectiva (es decir, horas-trabajo, horas-máquina, efectivo, etcétera), para que los administradores de operaciones hagan una programación que funcione.

Para ayudar al funcionamiento de MRP II, la mayor parte del software de MRP II se vinculan con otros archivos que proporcionan datos para el sistema MRP o del sistema MRP. Entre los datos que se integran se encuentran los de compras, programación de la producción, planeación de la capacidad y administración del almacenamiento.

MRP EN LOS SERVICIOS

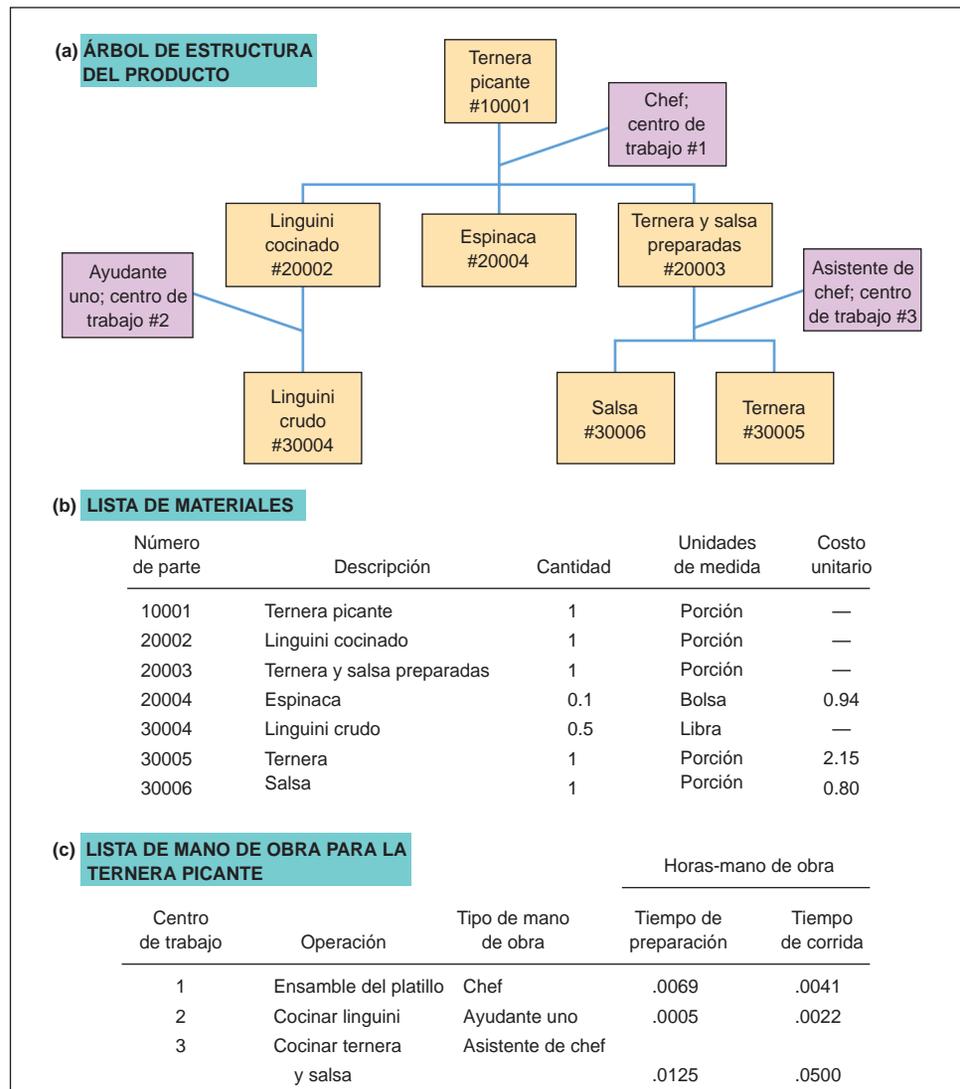
La demanda de muchos servicios o productos de servicio se clasifica como demanda dependiente cuando se relaciona directamente o se deriva de la demanda de otros servicios. Por ejemplo, en los restaurantes donde se incluyen pan y verduras como parte de la comida que se pide, la demanda de pan y verduras es dependiente de la demanda de comidas. La comida es un artículo terminado y el pan y las verduras son componentes.

La figura 11.10 muestra una lista de materiales *b*), acompañada del árbol de estructura del producto *a*) para la ternera picante, una entrada muy vendida en un restaurante de Nueva Orleans. Observe que personal diferente en la cocina prepara los componentes de la ternera picante, es decir, ternera, salsa y *linguini* (véase la figura 11.10a). Estas preparaciones también requieren tiempos distintos. En la figura 11.10c se muestra una lista de mano de obra para el platillo de ternera. Se enumeran las operaciones que deben realizarse, el orden y los requerimientos de mano de obra para cada operación (tipos de mano de obra y horas-trabajo).

FIGURA 11.10 ■

Árbol de estructura del producto, lista de materiales y lista de mano de obra para la ternera picante

Fuente: Adaptado de John G. Wacker, "Effective Planning and Cost Control for Restaurants", *Production and Inventory Management* (primer trimestre de 1985): 60. Reimpreso con autorización de American Production and Inventory Control Society.



La técnica MRP también se aplica en hospitales, especialmente cuando se trata de cirugías que requieren equipo, materiales y suministros. El hospital Park Plaza de Houston y muchos proveedores de hospitales emplean esta técnica para mejorar la programación y administración del inventario de materiales quirúrgicos costosos.

PLANEACIÓN DE RECURSOS DE DISTRIBUCIÓN (DRP)

Planeación de recursos de distribución (DRP)

Plan de reabastecimiento escalonado del inventario para todos los niveles de una red de distribución.

Cuando las técnicas para la demanda dependiente se emplean en la cadena de suministro, se denominan planeación de recursos de distribución (DRP, *distribution resource planning*). La **planeación de recursos de distribución (DRP)** se usa para elaborar un plan escalonado de reabastecimiento del inventario para todos los niveles de la cadena de suministro. Los procedimientos y la lógica DRP son análogos a MRP. DRP requiere los siguientes elementos:

1. Requerimientos globales, que son iguales a la demanda esperada o los pronósticos de ventas.
2. Niveles mínimos de inventario para satisfacer los niveles de servicio al cliente.
3. Tiempos de entrega precisos.
4. Definición de la estructura de distribución.

En la planeación de recursos de distribución, la demanda esperada se convierte en requerimientos globales. Los requerimientos netos se determinan al asignar el inventario disponible a los requerimientos globales. El procedimiento DRP comienza con el pronóstico al nivel de venta al menudeo (o el punto más distante al que surte la red de distribución). Se calcula el resto de los niveles. Igual que en MRP, después se revisa el inventario con el propósito de satisfacer la demanda. De esta forma el inventario llegará cuando se necesite y los requerimientos netos se compensan con el tiempo de entrega necesario. La cantidad planeada de liberación de órdenes se convierte en el requerimiento total del siguiente nivel inferior de la cadena de distribución.

El sistema DRP *jala* el inventario a lo largo del sistema. Jalar se inicia en el nivel del minorista que ordena más artículos. Las asignaciones se hacen en el nivel más alto a partir del inventario y la producción disponibles, después de hacer ajustes para obtener un embarque más económico. La meta del sistema DRP es reabastecer el inventario en cantidades pequeñas y frecuentes, dentro de los límites de las órdenes y embarques económicos.

PLANEACIÓN DE RECURSOS EMPRESARIALES (ERP)

Planeación de recursos empresariales (ERP)

Sistema de información para planear e identificar los amplios recursos empresariales necesarios para tomar, hacer, embarcar y contabilizar las órdenes del cliente.

Los avances logrados en los sistemas MRP II que permiten vincular a los clientes y proveedores con este sistema, han llevado al desarrollo de sistemas de planeación de los recursos empresariales (ERP, *enterprise resource planning*). La **planeación de recursos empresariales (ERP)** es un software que permite a las compañías: **1.** automatizar e integrar muchos de sus procesos de negocios; **2.** compartir una base de datos común y las prácticas comerciales con toda la empresa, y **3.** producir información en tiempo real. En la figura 11.11 se presenta un esquema que muestra algunas de estas relaciones en una empresa de manufactura.

El propósito de un sistema ERP es coordinar todo el negocio de la empresa, desde la evaluación del proveedor hasta la facturación al cliente. Este objetivo pocas veces se logra, pero los sistemas ERP están evolucionando como sistemas sombrilla para vincular diversos sistemas especializados. Esto se logra mediante una base de datos centralizada que apoya el flujo de información entre las funciones empresariales. Sin embargo, qué vincula este sistema y cómo lo vincula, varía en cada caso.⁸ Además de los componentes tradicionales de MRP, los sistemas ERP casi siempre proporcionan información de la administración de recursos humanos (HR, *human resources*) y financieros. Los sistemas ERP también comprenden:

- Software de *administración de la cadena de suministro (SCM, supply chain management)*, para apoyar la sofisticada comunicación con el vendedor, el comercio electrónico y las actividades necesarias para lograr la eficiencia en el almacén y las actividades logísticas. La idea es vincular las operaciones (MRP) con las adquisiciones, la administración de materiales y los proveedores, proporcionando las herramientas necesarias para evaluar las cuatro áreas.
- Software de *administración de las relaciones con el cliente (CRM, customer relationship management)*, para la parte futura del negocio. El CRM está diseñado para ayudar en el análisis de ventas, la identificación de los clientes más redituables y el manejo de la fuerza de ventas.

Los vendedores de software de ERP, usualmente ofrecen muchas otras opciones además de estos cinco módulos (MRP, finanzas, HR, SCM y CRM). Dichos vendedores han construido módulos para proporcionar una diversidad de paquetes de “soluciones” que se combinan y adaptan a las necesidades particulares de la compañía. En realidad, el truco de estas grandes bases de datos y los sistemas ERP integrados consiste en desarrollar interfases que permitan el acceso a las bases de datos. Para facilitar el acceso a su base de datos, SAP, un vendedor importante de software ERP, ha desarrollado alrededor de mil *interfases de programación*

⁸Midrange MRP (marzo de 2000): 10-11, 18-22, 24-26.

AO EN ACCIÓN

Administración de Benetton con software ERP

Gracias al sistema ERP, la compañía italiana Benetton afirma que tiene la fábrica más rápida y la distribución más eficiente del mundo en la industria del vestido. Esta empresa, localizada en Ponzano, Italia, fabrica y embarca 50 millones de piezas de ropa cada año, es decir, 30,000 cajas cada día, cajas que deben llenarse justo con los artículos ordenados y llegar a la tienda correcta entre 5 mil puntos de venta Benetton en 60 países. Este centro de distribución altamente automatizado emplea solamente a 19 personas, pero si no contara con el sistema ERP su operación requeriría 400 trabajadores.

El software ERP funciona como sigue:

- 1. Pedidos.** Un vendedor en la tienda del sur de Boston se da cuenta de que tiene pocos suéteres azules, que son los que más se venden. El agente de ventas de Benetton se acerca a su PC portátil y hace clic en el módulo de ventas de ERP.
- 2. Disponibilidad.** En forma simultánea, el software de inventario de ERP reenvía la orden a la computadora central en Italia y encuentra que puede enviarse de inmediato la mitad de la orden desde el almacén en ese país. El resto se fabricará y enviará en 4 semanas.
- 3. Producción.** Como el suéter azul original se creó con CAD (diseño asistido por computadora), el software de manufactura ERP transfiere las especificaciones a la tejedora y ésta fabrica los suéteres.
- 4. Almacenamiento.** Los suéteres azules se empaquetan con un código de barras que los envía a la tienda de Boston y se colocan en uno de los 300 mil espacios del almacén italiano. Un robot lee los códigos de barras, recoge todas y cada una de las cajas del pedido de Boston y las carga para enviarlas.
- 5. Seguimiento del pedido.** El vendedor de la tienda de Boston entra al sistema ERP por Internet y observa que la producción de suéteres (y otras prendas) ha concluido y están enviándolos.
- 6. Planeación.** Con base en la información de los módulos ERP de pronósticos y finanzas, la jefa de compras de Benetton decide que los suéteres azules tienen mucha demanda y que son muy rentables, por lo cual, opta por agregar tres nuevos tonos.

Fuentes: MIT Sloan Management Review (otoño de 2001): 46-53; y Newsweek (17 de septiembre de 2001): 36.

Vínculos útiles con sitios Web de ERP:

The Baan Company:

www.baan.com

PeopleSoft:

www.peoplesoft.com

Oracle:

www.oracle.com

SAP:

www.sap.com

JD Edwards:

www.jdedwards.com

La mayoría de las aplicaciones ERP son productos personalizados. Los principales vendedores, SAP AG (empresa alemana), Baan (de Holanda) y J. D. Edwards, People Soft y Oracle (estadounidenses), comienzan con módulos personalizados para industrias específicas. Por ejemplo, Monsanto Company, Dow Chemical y DuPont, empresas globalizadas de productos químicos, compraron los productos R/2 de SAP (para la computadora central) y R/3 (con plataforma de cliente/servidor) para su industria. Después el software se personaliza para cubrir sus necesidades individuales. Aunque los vendedores construyen el software de modo que el proceso de personalización sea sencillo, muchas compañías invierten hasta cinco veces el valor del programa en personalizarlo. El alto costo de los sistemas ERP es evidente, los programas adecuados para una compañía pequeña cuestan más de 300 mil dólares y los convenientes para gigantes globales como General Motors o Coca-Cola cuestan cientos de millones de dólares. Como se señala en el recuadro *AO en acción*, también Nestlé se dio cuenta de que no hay nada fácil acerca de ERP.

ERP existe gracias a los avances en hardware y software logrados en los últimos años. El programa ERP fue diseñado para aprovechar las *redes cliente/servidor* que cuentan con software designado ya sea como cliente (el que solicita un servicio) o como servidor (el que da el servicio). El software cliente/servidor es suficientemente flexible para funcionar en una PC, una estación de trabajo o una computadora central, y para vincularse vía redes de área local. Con el rápido crecimiento de Internet y el comercio electrónico, los vendedores de software ERP incluyen opciones de Internet como complemento de la tecnología cliente/servidor.

Ventajas y desventajas de los sistemas ERP

Se han mencionado algunas de las ventajas y desventajas del ERP. Ahora se presenta una lista más completa.

Ventajas:

1. Proporciona integración del proceso que engloba a la cadena de suministro, producción y administración.
2. Crea bases de datos compartidas.
3. Puede incorporar procesos mejorados, con reingeniería, o los “mejores”.
4. Aumenta la comunicación y colaboración entre sitios y unidades de negocios.
5. Tiene una base de datos de software con código comercial.
6. Puede ofrecer una ventaja estratégica sobre los competidores.

AO EN ACCIÓN

No hay nada fácil acerca de ERP

En 2000, Nestlé, S.A., el gigante suizo de alimentos para el consumidor, firmó un contrato por 200 millones de dólares con SAP, para desarrollar un sistema ERP. Nestlé agregó a esta cifra 80 millones más, para consultoría y mantenimiento, y esto es adicional a 500 millones en hardware y software como parte de una reparación general del centro de información. El director ejecutivo de Nestlé en Estados Unidos, Jeri Dunn, opina que la implantación exitosa depende del cambio de los procesos comerciales y de lograr una "imagen de compras" internacional. Entonces y sólo entonces, la organización podrá enfocarse en la instalación del software. El cambio de procesos y la obtención de la "imagen de compras" fue todo un reto, dadas las muchas divisiones autónomas y las 200 compañías operadoras y subsidiarias de Nestlé en 80 países.

La estandarización de los procesos es difícil y está llena de calles cerradas y errores costosos. Nestlé tenía 28 puntos de entrada para las órdenes del cliente, múltiples sistemas de compras y no tenía idea de cuál era el volumen que manejaba con un proveedor dado; cada fábrica realizaba sus

propias compras y tenía sus propias especificaciones. En Estados Unidos, Nestlé estaba pagando 29 precios distintos por la vainilla ¡a un mismo vendedor!

Las nuevas bases de datos comunes y los nuevos procesos comerciales establecidos llevaron a datos congruentes y pronósticos más confiables sobre la demanda de los muchos productos Nestlé. En la actualidad, los pronósticos de Nestlé llegan incluso al nivel del centro de distribución. Las mejoras en los pronósticos han permitido que la compañía disminuya el inventario y los gastos relacionados con el transporte, que se generan cuando se envía demasiado producto a un lugar, mientras en otro hay faltantes. Las mejoras realizadas en la cadena de suministro son responsables de una buena parte de los 325 millones de dólares de ahorro para Nestlé.

Igual que todos los proyectos ERP, el de Nestlé se destacó por haber tomado mucho tiempo y dinero, y ésta no es una excepción, pero después de casi 3 años se instalaron los últimos módulos del sistema y Nestlé está lista para afirmar que su instalación es un éxito.

Fuentes: CIO (15 de mayo de 2002): 62-70; e Information Week (26 de junio de 2000): 185.

Desventajas:

1. Su compra es muy costosa y aún más su personalización.
2. Su implantación puede requerir cambios importantes en la compañía y sus procesos.
3. Es tan complejo que muchas compañías no logran adaptarse a él.
4. Su implantación implica un proceso continuo, que tal vez nunca termine.
5. La experiencia en ERP es limitada y asignarle personal representa un problema constante.

ERP en el sector servicios

El sistema ERP no ha penetrado tanto en el sector servicios como en el de manufactura. Sin embargo, los vendedores de ERP han desarrollado una serie de módulos de servicio para mercados como el de cuidado de la salud, gobierno, tiendas minoristas y servicios financieros. Por ejemplo, Springer-Miller Systems desarrolló un paquete de ERP para el mercado hotelero con software que maneja todas las funciones de atención al público y administrativas. Entre las tareas que integra este sistema se encuentran mantener el historial del cliente, tomar reservaciones de habitaciones y restaurante, programar los tiempos *tee* en golf, así como administrar las múltiples propiedades de una cadena.⁹ El paquete "One World" de J. D. Edwards combina ERP con la administración de la cadena de suministro (por un precio de 13 millones de dólares), para coordinar la preparación de alimentos para las aerolíneas.¹⁰ En la industria de los abarrotes estos sistemas de cadena de suministro se conocen como *sistemas de respuesta eficiente del consumidor* (ECR, *efficient consumer response*). Al igual que en los sistemas para la manufactura, los sistemas de **respuesta eficiente del consumidor** vinculan las actividades de ventas con compras, inventario, logística y producción.

Respuesta eficiente del consumidor (ECR)

Sistemas de administración de la cadena de suministro para la industria de los comestibles, que vinculan las ventas con las compras, el inventario, logística y producción.

RESUMEN

La planeación de requerimientos de materiales (MRP) es la forma favorecida para elaborar los programas de producción e inventario cuando la demanda es dependiente. Para que MRP funcione, la administración debe contar con un programa maestro, requerimientos claros para todos los componentes, registros de inventario y compras precisos y tiempos de entrega exactos. La planeación de recursos de distribución (DRP) es una técnica para escalar el abastecimiento del inventario en las cadenas de suministro, con base en los procedimientos y la lógica MRP.

En un sistema MRP la producción suele ser lote por lote, mientras que en un sistema DRP las órdenes de reabastecimiento deben ser pequeñas y frecuentes dadas las restricciones de costos de ordenar y transportar.

⁹J. R. Gordon y S. R. Gordon, *Information Systems: A Management Approach*, 2a. ed. (Fort Worth: Dryden Press, 1999): 151.

¹⁰C. Stedman, "Archive Food Vendor Seeks Savings on Production", *Computerworld* (14 de junio de 1999): 43.

Cuando se implantan de manera apropiada, los sistemas MRP y DRP contribuyen de manera importante a la reducción del inventario al tiempo que mejoran los niveles de servicio al cliente. Estas técnicas permiten que el administrador de operaciones programe y reabastezca el inventario porque es “necesario ordenar”, y no porque es “tiempo de ordenar”.

El desarrollo continuo de los sistemas MRP ha llevado a la integración de los datos de producción con los de muchas otras actividades, que incluyen la cadena de suministro y las ventas. En consecuencia, ahora contamos con sistemas integrados orientados a bases de datos, para la administración de recursos empresariales (ERP). Los sistemas ERP son costosos y difíciles de instalar, pero cuando tienen éxito apoyan las estrategias de diferenciación, respuesta y liderazgo por costo.

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|--|--|
| Planeación de requerimientos de materiales (MRP) | Cubos |
| Programa maestro de producción (MPS) | Sistema sin cubos |
| Lista de materiales (LDM) | Limpieza inversa de registros |
| Listas modulares | Decisión del tamaño de lote |
| Listas de planeación (o juegos) | Lote por lote |
| Listas fantasma de materiales | Balance parcial del periodo (PPB) |
| Codificación por el nivel más bajo | Parte económica del periodo (EPP) |
| Tiempo de entrega | Procedimiento Wagner-Whitin |
| Plan de requerimientos de materiales global | Sistema MRP de ciclo cerrado |
| Requerimientos netos de materiales | Informe de carga de trabajo |
| Recepción planeada de la orden | Planeación de requerimientos de materiales II (MRP II) |
| Liberación planeada de la orden | Planeación de recursos de distribución (DRP) |
| Nerviosismo del sistema | Planeación de recursos empresariales (ERP) |
| Barreras de tiempo | Respuesta eficiente del consumidor (ECR) |
| Rastreo inverso | |

USO DE EXCEL OM PARA RESOLVER PROBLEMAS MRP

El uso del módulo MRP de Excel OM requiere la introducción cuidadosa de datos. En la pantalla inicial de MRP se introducen: **1.** el número total de ocurrencias de un artículo en la LDM (incluido el artículo superior); **2.** cómo se desea llamar a los artículos de la lista de materiales (número de artículo, parte, etcétera); **3.** el número total de periodos por programar, y **4.** cómo se desea llamar a los periodos (días, semanas, etcétera).

Los datos de las columnas A, B, C y D (hasta la fila 15) se introducen en la segunda página y se transfieren aquí automáticamente.

Introduzca el tiempo de entrega.

Introduzca la cantidad en inventario.

El tamaño del lote debe ser ≥ 1 .

PROGRAMA 11.1 ■

Uso del módulo MRP de Excel OM para la solución de los ejemplos 1-3

La segunda página del programa MRP de Excel OM deja una sangría para introducir los datos de las listas de materiales. Aquí se introducen **1**, el nombre de cada artículo en la LDM; **2**, la cantidad de ese artículo en la línea de ensamble, y **3**, el número de sangrías correctas (relación padre/hijo) para cada artículo. Las sangrías son importantes ya que muestran la lógica que permitirá aprovechar la lista de materiales. Estas sangrías deben seguir la lógica del árbol de la estructura del producto con espacios para cada artículo del ensamble en el ensamble correspondiente.

La tercera pantalla del MRP de Excel OM repite la lista de materiales con sangrías y proporciona la tabla estándar MRP para introducir los datos. Esta pantalla se muestra en el programa 11.1, con los datos de los ejemplos 1, 2 y 3.



USO DE POM PARA WINDOWS EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MRP

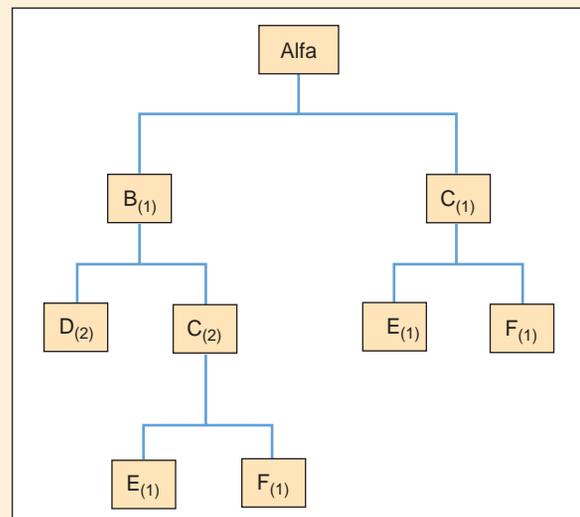
El módulo MRP de POM para Windows también resuelve los ejemplos 1 a 3, y permite analizar hasta 18 periodos. La información requerida es la siguiente:

1. *Nombres del artículo.* Los nombres de los artículos se introducen en la columna izquierda. Si dos artículos padre usan un mismo artículo, el mismo nombre aparece en más de una fila. Cada artículo debe seguir a sus padres.
2. *Nivel del artículo.* Debe proporcionarse aquí el nivel LDM con sangría. El artículo *no puede* colocarse en más de un nivel abajo del artículo inmediatamente superior.
3. *Tiempo de entrega.* Aquí se introduce el tiempo de entrega del artículo. Si se omite, es 1 semana.
4. *Número por padre.* Se introduce el número de unidades necesarias de este subensamble para su padre. El número por omisión es 1.
5. *Inventario actual.* Enumere una vez el inventario actual, aun cuando el subensamble se enumere dos veces.
6. *Tamaño de lote.* Aquí se especifica el tamaño de lote. Los números 0 o 1 activarán la orden lote por lote. Si se introduce otro número, entonces todas las órdenes de ese artículo serán múltiplos enteros de dicho número.
7. *Demandas.* Las demandas se capturan al final de la fila para el artículo, en los periodos en los cuales se demandan los artículos.
8. *Recepciones programadas.* Si hay unidades programadas para recibirse, deben enumerarse en el periodo (columna) y artículo (fila) apropiados. (Una captura en el nivel 1 es una demanda; el resto de los niveles son recepciones.)

PROBLEMAS RESUELTOS

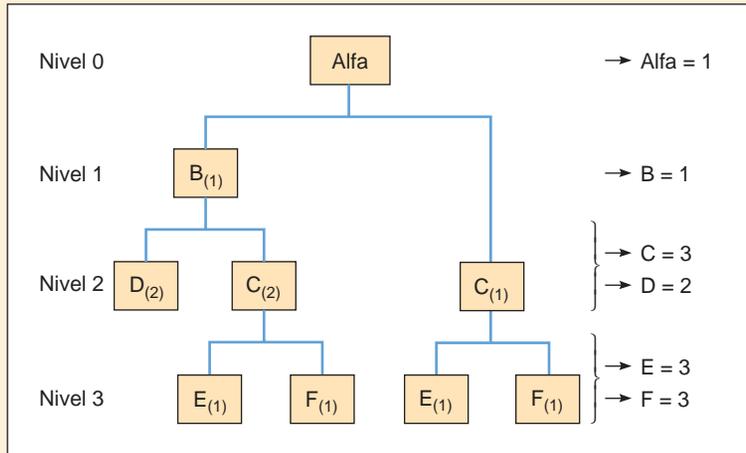
Problema resuelto 11.1

Determine la codificación por el nivel más bajo y la cantidad de cada componente necesaria para la producción de 10 unidades de un ensamble al que llamaremos Alfa. La estructura del producto y las cantidades de cada componente requeridas para cada ensamble se indican entre paréntesis.



SOLUCIÓN

Dibuje de nuevo la estructura del producto con la codificación por el nivel más bajo. Después, multiplique hacia abajo de la estructura hasta determinar los requerimientos de cada rama. Luego, sume cruzando la estructura hasta determinar el total para cada uno.



Número requerido de E para la rama izquierda:

$$(1_{\text{alfa}} \times 1_B \times 2_C \times 1_E) = 2$$

y número requerido de E para la rama derecha:

$$(1_{\text{alfa}} \times 1_C \times 1_E) = \frac{1}{3}$$

3 de E se requieren en total

Después, se “explotan” los requerimientos multiplicando cada uno por 10, como se muestra en la siguiente tabla:

| NIVEL | ARTÍCULO | CANTIDAD POR UNIDAD | REQUERIMIENTOS TOTALES PARA 10 ALFA |
|-------|----------|---------------------|-------------------------------------|
| 0 | Alfa | 1 | 10 |
| 1 | B | 1 | 10 |
| 2 | C | 3 | 30 |
| 2 | D | 2 | 20 |
| 3 | E | 3 | 30 |
| 3 | F | 3 | 30 |

Problema resuelto 11.2

Use la estructura del producto Alfa en el problema resuelto 11.1 y los tiempos de entrega, las cantidades en inventario y el programa maestro de producción que se muestran a continuación y prepare una tabla de planeación de requerimientos netos de materiales para Alfa.

| ARTÍCULO | TIEMPO DE ENTREGA | CANTIDAD EN INVENTARIO |
|----------|-------------------|------------------------|
| Alfa | 1 | 10 |
| B | 2 | 20 |
| C | 3 | 0 |
| D | 1 | 100 |
| E | 1 | 10 |
| F | 1 | 50 |

Programa maestro de producción para Alfa

| PERIODO | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-------------------------|---|---|----|---|----|----|----|-----|
| Requerimientos globales | | | 50 | | | 50 | | 100 |

SOLUCIÓN

Véase la gráfica de la siguiente página.

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido por una compañía virtual
- Problemas de tarea en Internet
- Casos en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Cuál es la diferencia entre un plan de requerimientos *globales* y un plan de requerimientos *netos*?
2. Una vez establecido el plan de requerimientos de materiales (MRP), ¿qué otras aplicaciones administrativas puede tener esta técnica?
3. ¿En qué son similares MRP y DRP?
4. ¿Cuál es la diferencia entre MRP y MRP II?
5. ¿Cuál es la mejor política para el tamaño del lote en las organizaciones de manufactura?
6. Si se ignoran los costos mantener al asignar el inventario en un sistema DRP, ¿qué efecto tiene en el tamaño del lote?
7. MRP es más que un sistema de inventarios. ¿Qué otras capacidades caracterizan al sistema MRP?
8. ¿Cuáles son las opciones de quien planea la producción si tiene *a*) una programación mayor que la capacidad en un centro de trabajo para la siguiente semana, pero *b*) una falta de capacidad constante en ese centro de trabajo?
9. Los programas maestros se expresan de tres maneras diferentes dependiendo de si el proceso es continuo, repetitivo o un taller intermitente. ¿Cuáles son estas tres formas?
10. ¿Qué funciones de la empresa afectan a un sistema MRP? ¿De qué manera?
11. ¿Cuál es la lógica de a) las listas fantasma de materiales, b) una lista de materiales para la planeación y c) una pseudo lista de materiales?
12. Identifique cinco requerimientos específicos de un sistema MRP efectivo.
13. ¿Cuáles son los beneficios más comunes del sistema ERP?
14. ¿En qué difieren los sistemas MRP, DRP y ERP?
15. Como enfoque para la administración de inventarios, ¿en qué difiere el sistema MRP analizado en el capítulo 12 que maneja el lote económico (EOQ)?
16. ¿Cuáles son las desventajas del sistema ERP?

EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

En esencia, la estructura del sistema MRP sugiere el manejo de tiempos de entrega fijos. Sin embargo, muchas empresas han optado por las técnicas JIT y *kanban*. ¿Cuáles son estas técnicas, los problemas y el impacto de

agregar técnicas JIT para el manejo de inventario y compras en una organización que ha implantado un sistema MRP?



EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

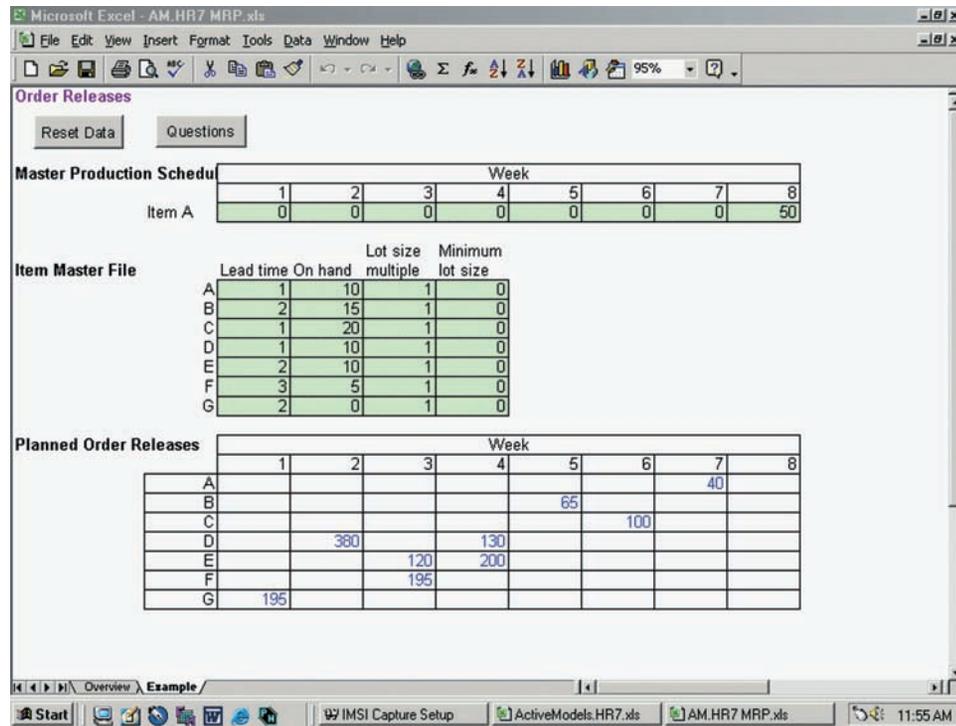
El propósito del modelo activo 11.1 es demostrar los efectos de los tamaños de lotes (múltiplos) y de los tamaños de lote mínimos.

Preguntas

1. Suponga que el artículo B sólo puede ordenarse por docena o múltiplos de 12. ¿Qué artículos afecta este cambio?
2. Suponga que el lote económico para el artículo C es 200 unidades. ¿Qué artículos afecta este cambio?

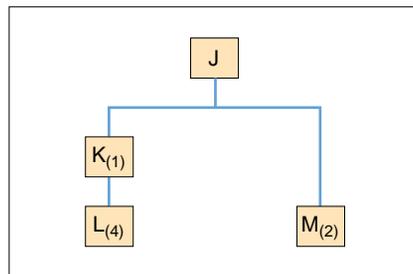
MODELO ACTIVO 11.1

Análisis del modelo MRP empleado por Speaker Kits, Inc. en los ejemplos 1 a 3.



PROBLEMAS*

- 11.1 Usted desarrolló esta sencilla estructura de producto de los artículos necesarios para las bolsas de regalos que se darán en una fiesta sorpresa a colaboradores potenciales de su organización. Usted estima que asistirán 200 personas. Suponga que no tiene estos artículos en inventario. Explote la lista de materiales. (Los subíndices indican el número de unidades requeridas).



- 11.2 Se espera que tenga las bolsas de regalo del problema 11.1 a las 5 P.M. Sin embargo, todavía debe personalizar los artículos (identificar con iniciales las plumas, las libretas, los libros, etcétera). El tiempo de entrega para ensamblar 200 artículos J es 1 hora una vez que tiene el resto de los artículos preparados. La preparación de los otros artículos también tomará tiempo. Con el apoyo de algunos voluntarios, las otras estimaciones de tiempo son: artículo K (2 horas), L (1 hora) y M (4 horas). Desarrolle un plan gradual de ensamble para las bolsas de regalos.
- 11.3 El subensamblado S tiene una demanda de 100 unidades en la semana 7. Cada unidad de S se integra con 1 unidad de T y 2 unidades de U. Por su parte, una unidad de T requiere 1 unidad de V, 2 unidades de W y 1 unidad de X. Por último, cada unidad de U comprende 3 unidades de Z y 2 de Y. La empresa que fabrica todos los artículos necesita 2 semanas para hacer S, 1 semana para T, 2 semanas para U, 2 semanas para V, 3 semanas para W, 1 semana para X, 2 semanas para Y y 1 semana para hacer Z.
 - Elabore la estructura del producto. Identifique todos los niveles, los padres y los componentes.
 - Prepare una estructura de producto escalonada.

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; **X** que el problema se resuelve con Excel OM, y **P_X** que se resuelve con POM para Windows o con Excel OM. Muchos ejercicios de este capítulo (del 11.1 al 11.16 y del 11.23 al 11.27) se resuelven con *Resource Manager for Excel*, un sistema comercial producido por User Solutions, Inc. Puede tener acceso a la versión de prueba del software y un conjunto de notas para el usuario en www.usersolutions.com.

| Tamaño del lote | Tiempo de entrega (número de periodos) | Inventario actual | Inventario de seguridad | Asignados | Codificación por nivel más bajo | Identificación del artículo | Periodo (semana, día) | | | | | | | | |
|-----------------|--|-------------------|-------------------------|-----------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| | | | | | | | Requerimientos globales | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos globales | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos globales | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos globales | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción programada | | | | | | | | |
| | | | | | | | Inventario proyectado | | | | | | | | |
| | | | | | | | Requerimientos netos | | | | | | | | |
| | | | | | | | Recepción de órdenes planeadas | | | | | | | | |
| | | | | | | | Liberación de órdenes planeadas | | | | | | | | |

FIGURA 11.12 ■ Formato MRP para los problemas de tarea del capítulo 11

Una copia del formato que se presenta en esta figura puede ser útil en varios problemas de este capítulo.

P 11.4

Con la información del problema 11.3, prepare un plan de requerimientos de materiales global.

P 11.5

Con la información del problema 11.3, elabore un plan de requerimientos netos de materiales usando la siguiente información del inventario actual.

| ARTÍCULO | INVENTARIO ACTUAL | ARTÍCULO | INVENTARIO ACTUAL |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| S | 20 | W | 30 |
| T | 20 | X | 25 |
| U | 40 | Y | 240 |
| V | 30 | Z | 40 |

P 11.6

Regrese a los problemas 11.3 y 11.4. Además de la demanda de 100 unidades de S, se necesitan 20 unidades de U, que es un componente de S. Estas 20 unidades de U se necesitan para el área de mantenimiento y se usarán en la semana 6. Modifique el *plan de requerimientos globales de materiales* para reflejar este cambio.

P 11.7

Regrese a los problemas 11.3 y 11.5. Además de la demanda de 100 unidades de S, se necesitan 20 unidades de U, que es un componente de S. Estas 20 unidades de U se requieren en el área de mantenimiento y se usarán en la semana 6. Modifique el *plan de requerimientos netos de materiales* para reflejar este cambio.

11.8

Suponga que usted planea la producción en Adams-Ebert Products, Inc. y que le han dado una lista de materiales para un soporte compuesto por una base, dos resortes y cuatro abrazaderas. El ensamble de la base requiere una abrazadera y dos alojamientos, y cada abrazadera tiene un mango y una pieza fundida. Cada alojamiento lleva 2 cojinetes y un eje. No hay inventario actual.

- Diseñe una estructura del producto indicando las cantidades de cada artículo y mostrando la codificación por el nivel más bajo.
- Determine las cantidades totales necesarias de cada artículo para ensamblar 50 soportes.
- Calcule las cantidades netas requeridas si en su inventario hubiera 25 bases y 100 abrazaderas.

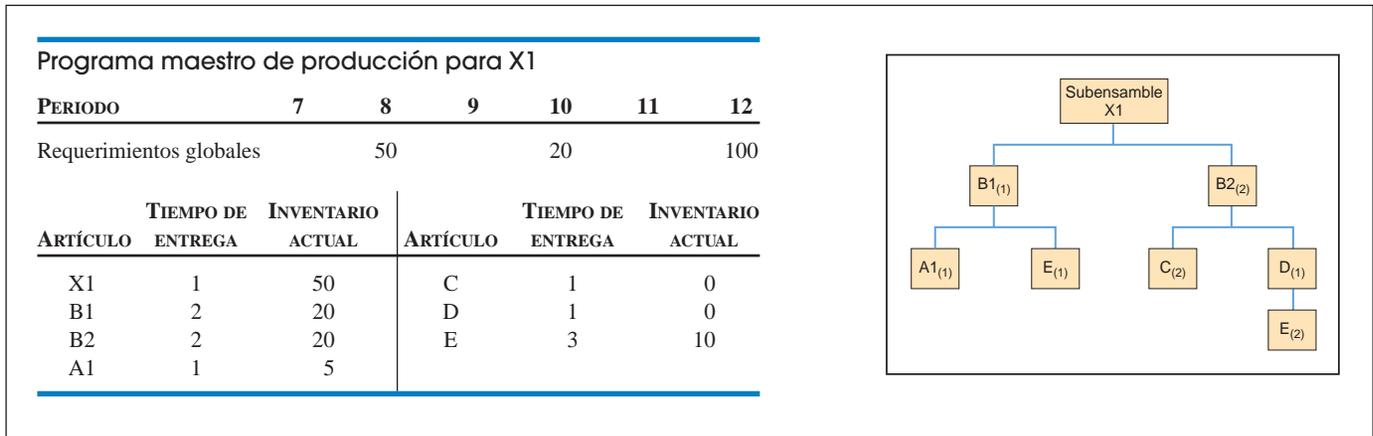


FIGURA 11.13 ■ Información para el Problema 11.10

- ✎ **11.9** Su jefe en Adams-Ebert Products, Inc. acaba de entregarle el programa y los tiempos de entrega para el soporte del problema 11.8. La unidad debe estar lista en la semana 10 y los tiempos de entrega para los componentes son: soporte (1 semana), base (1 semana), resorte (1 semana), abrazadera (1 semana), alojamiento (2 semanas), mango (1 semana), pieza fundida (3 semanas), cojinete (1 semana) y eje (1 semana).

 - a) Prepare la estructura de producto escalonada para el soporte.
 - b) ¿En qué semana debe comenzar el vaciado de la pieza fundida?

- ✎ **11.10** a) Con la estructura del producto y el programa maestro de producción (figura 11.13), desarrolle un plan de requerimientos globales para todos los artículos.

 - b) Considerando la estructura de producto anterior, el programa maestro de producción y el estado del inventario (figura 11.13), desarrolle un plan de requerimientos netos de materiales (liberación de órdenes planeada) para todos los artículos.

- ✎ **11.11** Dada la estructura de producto, el programa maestro de producción y el estado del inventario (figura 11.14), a) desarrolle un plan de requerimientos globales para el artículo C y b) un plan de requerimientos netos también para el artículo C.

- ✎ **11.12** Tomando como base los siguientes datos (véase la figura 11.14), complete un programa de requerimientos netos de materiales para todos los artículos (10 programas en total).

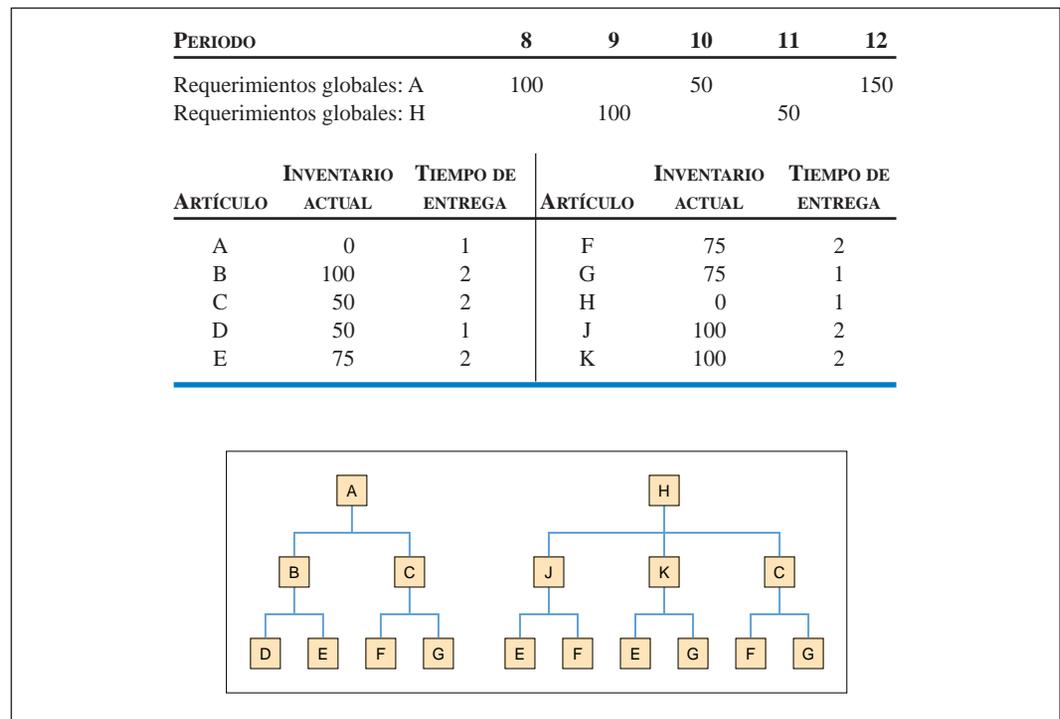


FIGURA 11.14 ■ Información para los problemas 11.11 y 11.12

P_x : 11.13 Electro Fans acaba de recibir un pedido de mil ventiladores de 20 pulgadas para entregar en la semana 7. Cada ventilador consta del ensamble de un alojamiento, dos parrillas, un ensamble de ventilador y una unidad eléctrica. El ensamble del alojamiento consiste en un marco, dos soportes y un mango. El ensamble del ventilador consta de un eje y cinco aspas. La unidad eléctrica está formada por un motor, un interruptor y una perilla. La siguiente tabla da los datos sobre los tiempos de entrega, el inventario actual y las recepciones programadas.

- a) Elabore una estructura de producto.
- b) Desarrolle una estructura escalonada del producto.
- c) Prepare un plan de requerimientos netos de materiales.

Tabla de datos para el problema 11.13

| COMPONENTE | TIEMPO DE ENTREGA | INVENTARIO ACTUAL | TAMAÑO DE LOTE | RECEPCIÓN PROGRAMADA |
|-------------------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| Ventilador 20" | 1 | 100 | — | |
| Alojamiento | 1 | 100 | — | |
| Marco | 2 | — | — | |
| Soportes (2) | 1 | 50 | — | |
| Mango | 1 | 400 | — | |
| Parrillas (2) | 2 | 200 | — | |
| Ensamble del ventilador | 3 | 150 | — | |
| Eje | 1 | — | — | |
| Aspas (5) | 2 | — | 100 | |
| Unidad eléctrica | 1 | — | — | |
| Motor | 1 | — | — | |
| Interruptor | 1 | 20 | 12 | |
| Perilla | 1 | — | 25 | 200 perillas en la semana 2 |

P_x : 11.14 La figura 11.15 muestra la estructura para una parte, el tiempo de entrega (en semanas) y las cantidades en inventario del producto A. A partir de esta información genere

- a) Una lista de materiales con las sangrías correspondientes para el producto A (véase la muestra de una lista de materiales en la figura 3.9 del capítulo 3).
- b) Los requerimientos netos de cada parte necesaria para producir 10 A en la semana 8 usando lote por lote.

P_x : 11.15 Usted es el encargado de planear la producción del producto A (en el problema 11.4). El gerente de servicio en campo, Al Trostel, acaba de avisarle que los requerimientos de los artículos B y F deben aumentarse cada uno en 10 unidades para cubrir sus necesidades de reparación en campo.

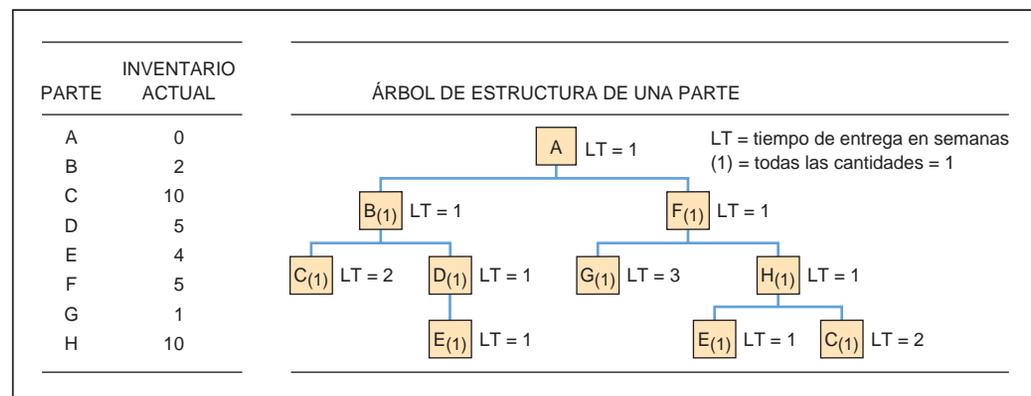
- a) Prepare una lista que indique la cantidad necesaria de cada parte para producir los requerimientos del gerente de servicio, y la solicitud de las 10 unidades.
- b) ¿Cuáles son los requerimientos netos (la lista del inciso a menos el inventario)?
- c) Prepare el plan de requerimientos netos por fecha para los nuevos requerimientos (para producción y servicio en campo), suponiendo que el gerente de servicio en campo quiere sus 10 unidades de B y F en la semana 6 y las 10 unidades de producción en la semana 8.

P_x : 11.16 Acaba de recibir un fax donde se le notifica que el tiempo de entrega para el componente G del producto A (problema 11.15) aumentó a 4 semanas.

- a) ¿Qué componentes cambian y por qué?
- b) ¿Cuáles son las implicaciones para el plan de producción?
- c) Como encargado de planear la producción, ¿qué puede hacer?

FIGURA 11.15 ■

Información para los problemas 11.14, 11.15 y 11.16



Datos para el almacén de la fábrica

| Periodo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------------------------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Pronóstico de requerimientos | | | 30 | 40 | 10 | 70 | 40 | 10 | 30 | 60 |
| Tiempo de entrega = 1 semanas | | | | | | | | | | |

- a) Muestre el plan de *recepción* de órdenes de la fábrica.
- b) Si la fábrica necesita 2 semanas para producir la mercancía, ¿cuándo deben *liberarse* las órdenes a la planta?
- : **11.26** Use Internet o cualquier otra fuente para:
- a) Encontrar casos que resalten las ventajas del sistema ERP.
- b) Encontrar casos que resalten las dificultades para comprar e instalar o las fallas de un sistema ERP.
- : **11.27** Use Internet o cualquier otra fuente para identificar qué incluye el vendedor de programas ERP (SAP, PeopleSoft, Bann, Oracle, J. D. Edwards, IQMS, etcétera) en los siguientes módulos de software:
- a) Administración de relaciones con el cliente
- b) Administración de la cadena de suministro
- c) Administración del ciclo de vida del producto



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: 14.28 a 14.32.

CASO DE ESTUDIO

El intento de planeación de recursos empresariales de Ikon

Ikon Office Solutions es un líder mundial en tecnología de oficinas, con ingresos que superan los 5,000 millones de dólares y operaciones en Estados Unidos, Canadá, México, Reino Unido, Francia, Alemania y Dinamarca. Ikon busca una estrategia de crecimiento que le permita cambiar, en los próximos cuatro años, de más de 80 distribuidores de copiatoras con operaciones individuales a una compañía integrada con el doble de su tamaño actual. Su meta es ofrecer soluciones totales de tecnología para oficina, que van desde fotocopiadoras, impresoras digitales y servicios para el manejo de documentos hasta integración de sistemas, capacitación y otros servicios de tecnología de redes. La compañía ha expandido rápidamente su capacidad de servicio mediante un esfuerzo decidido de adquisiciones que incluye compañías de servicios de tecnología y de administración de documentos.

Dados estos objetivos, parece evidente que la compañía necesita un software de ERP. Hace unos años, inició un programa piloto en el distrito norte de California, para evaluar la factibilidad de usar el software de aplicaciones empresariales de SAP en toda la compañía. El jefe ejecutivo de informática, David Gadra, quien se unió a la compañía un mes después de haberse iniciado el sistema piloto, decidió sin embargo no implantarlo. Ikon haría una cancelación de 25 millones de dólares sobre el costo del programa piloto.

“Fueron varios factores los que nos hicieron decidir que el proyecto era más un reto que un beneficio para nosotros”, comentó Gadra. “Cuando sumamos todo —factores humanos, faltas de funcionalidad y los gastos—, consideramos que la definición de nuestro entorno no era adecuada para SAP”. En su lugar, Ikon está reuniendo sus 13 operaciones regionales en un sistema de aplicaciones creado por la propia empresa.

“No culpo a los consultores ni a SAP”, comenta Gadra. “Nosotros cometimos errores al estimar la cantidad de cambios que teníamos que hacer en el negocio como parte de la implantación del sistema.”

De los 25 millones de dólares que se perdieron, una gran parte es el pago de los consultores; menos de 10% fue para pagar el software en sí.

En un momento dado del proyecto, Ikon estaba pagando 300 dólares por hora a 40 o 50 consultores externos.

Ikon había presupuestado 12 millones para poner en marcha el sistema. El costo llegaba a más de 14 millones, incluyendo 8 millones pagados a IBM por consultoría.

Una razón poderosa que llevó a que la compañía decidiera abandonar a SAP fue la conclusión de que el software no cubría en forma suficiente las necesidades de una compañía de servicios como Ikon, a diferencia de las empresas de manufactura. Por ejemplo, SAP no tenía una característica adecuada para dar seguimiento a las llamadas de servicio. Asimismo, Ikon tuvo una gran dificultad para armar un equipo interno de expertos en SAP. Los costos de Ikon eran muy altos porque dependía en gran medida de los consultores.

“Estoy sumamente decepcionado con el anuncio de Ikon”, afirma el presidente de SAP América, Jeremy Coote, quien antes describió el programa piloto de Ikon como en tiempo y “en extremo exitoso”. Coote se refiere a la decisión de Ikon de desechar el proyecto como “un ejemplo de lo que ocurre cuando no vendes a nivel corporativo”, así como en el divisional. Una nueva versión de SAP incluirá un módulo de administración de servicios.

Preguntas para analizar

1. ¿Qué necesidades de información tiene Ikon y qué alternativas tiene para satisfacerlas?
2. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del software ERP en cuanto a la satisfacción de estas necesidades?
3. ¿Qué riesgos corrió la compañía al seleccionar el software de SAP para evaluación?
4. ¿Qué motivos tuvo Ikon para cancelar el proyecto de SAP?

Fuentes: Adaptado de M. K. McGee, “Ikon Writes off \$25M in Costs on SAP Project”, *Information Week* (abril de 1997): 25; y J. R. Gordon y S. R. Gordon, *Information Systems: A Management Approach*, 2a. ed. (Fort Worth: Dryden Press, 1999): 182-183.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO

MRP en Wheeled Coach

Wheeled Coach, el productor más grande de ambulancias en el mundo, arma sus productos en miles de configuraciones distintas que cambian constantemente. La característica de personalización de su negocio significa un sinnúmero de opciones y diseños especiales, donde la programación y el inventario son una pesadilla potencial. Wheeled Coach (subsidiaria de Collins Industries) atendió esos problemas y tuvo éxito en solucionar muchos de ellos con un sistema MRP (descrito en el *Perfil global de la compañía* que abre este capítulo). No obstante, como en la mayoría de las instalaciones del sistema MRP, al solucionar un conjunto de problemas se descubre otro.

Uno de los nuevos aspectos que debió estudiar la gerente de la planta Lynn Whalen fue el exceso de inventario descubierto. Los administradores encontraron que una cantidad significativa del inventario ni siquiera se usaba en los productos terminados. El exceso de inventario fue evidente por el alto grado de precisión requerido por el sistema MRP. Otra razón fue una nueva serie de informes generados por el sistema IBM MAPICS MRP comprado por Wheeled Coach. Uno de ellos, conocido como “dónde se usa”, permitió descubrir que muchos artículos del inventario no figuraban en las listas de materiales (LDM) de los productos actuales. En algunos casos, el misterio por el que ciertos artículos estaban en el almacén nunca se descubrió.

El descubrimiento del inventario excedente originó nuevos esfuerzos para asegurar que las listas de material fueran precisas. Después

de mucho trabajo aumentó la precisión en las LDM y disminuyó el número de notificaciones de cambios de ingeniería (ECN). De igual forma, la precisión de las órdenes de compra, respecto al número de partes y las cantidades solicitadas también mejoró. Además, la precisión del departamento de recepción y del almacén mejoró, lo cual ayuda a mantener los programas, costos y, finalmente, las fechas de embarque y la calidad.

Con el tiempo, Lynn Whalen concluyó que las cantidades residuales de inventario excedente eran el resultado, cuando menos en parte, de los rápidos cambios en el diseño y la tecnología de las ambulancias. Otra fuente eran los cambios hechos por el cliente después de haber determinado las especificaciones y ordenado los materiales. Estos últimos sobrantes ocurren porque aun cuando el tiempo de salida de producción de Wheeled Coach es sólo 17 días, muchos de los artículos que compra requieren tiempos de entrega mucho más largos.

Preguntas para analizar

1. ¿Por qué es un factor tan importante la precisión en el inventario en Wheeled Coach?
2. ¿Qué clase de plan sugeriría a Wheeled Coach para manejar el problema del inventario excedente?
3. Exponga sugerencias específicas para reducir el inventario y la forma de ponerlas en práctica.

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Auto Parts, Inc.:** Este distribuidor de refacciones automotrices tiene problemas importantes de MRP.
- **Ruch Manufacturing:** Fabricante de camiones que busca revisar su política de tamaño de lotes.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Digital Equipment Corp.: The Endpoint model (# 688-059):** Implantación de un sistema MRP II para reducir el tiempo del ciclo de las órdenes.
- **Tektronix, Inc.: Global ERP Implementation (# 699-043):** Implantación de un sistema ERP en las tres divisiones globales de negocios de Tektronix.
- **Vardelay Industries, Inc. (# 697-037):** Analiza la relación del sistema ERP y aspectos de reingeniería de procesos, estandarización y administración del cambio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bolander, Steven F. y Sam G. Taylor. “Scheduling Techniques: A Comparison of Logic”, *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 1 (primer trimestre de 2000): 1-5.
- Davenport, Tom. *Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems*. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- David, I. “Clocking in to Cyberfactory”, *Professional Engineering* (septiembre de 1999): 33-35.

- Jordan, W. G. y K. R. Krumweide. “ERP Implementators, Beware!”, *Cost Management Update* (marzo de 1999): 1-4.
- Kanet, J y V Sridharan. “The Value of Using Scheduling Information in Planning Material Requirements”, *Decision Sciences* 29, núm. 2 (primavera de 1998): 479-498.
- Kapp, Karl M., Bill Latham y Hester-Ford Latham. *Integrated Learning for ERP Success*. Boca Ratón, FL: St. Lucie Press, 2000.

- Malis, E. "ERP for Electronic Commerce", *Manufacturing Systems* (abril de 1999): 26-27.
- Martin, A. J. *DRP: Distribution Resource Planning*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (1983).
- Pun, K., K. Chin y K. H. Wong. "Implementing JIT/MRP in a PCB Manufacturer", *Production and Inventory Management Journal* 39, núm. 1 (primer trimestre de 1998): 10-16.
- Robinson, A. G. y D. M. Dills. "OR & ERP", *ORMS Today* (junio de 1999): 30-31.
- Sridharan, V. y R. L. Laforge. "Freezing the Master Production Schedule: Implications for Customer Service", *Decision Sciences* 25, núm. 3 (mayo-junio de 1994): 461-469.
- Tonkin, A. P. "Bally Gaming, Inc.'s, Winning Way to Reduce Time-to-Market, Inventories with an MRP-Based Pull System", *Target* 14, núm. 4 (cuarto trimestre de 1998): 34-35.
- Wacker, John G. y Malcolm Miller. "Configure-to-Order Planning Bills of Material: Simplifying a Complex Product Structure for Manufacturing Planning and Control", *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 2 (segundo trimestre de 2000): 21-26.
- Wagner, H. M. y T. M. Whitin. "Dynamic Version of the Economic Lot Size Model", *Management Science* 5, núm. 1 (1958): 89-96.
- Weng, Z. K. "Tailored Just-in-Time and MRP Systems in Carpet Manufacturing", *Production and Inventory Management Journal* 39, núm. 1 (primer trimestre de 1998): 46-50.



RECURSOS DE INTERNET

American Software:

www.amssoftware.com

APICS: *The Performance Advantage* (edición en línea):

www.apics.org/magazine

Referencias sobre material de estudio de APICS proporcionadas por Business Systems Specialties, Inc.:

www.bssifirm.com

Armstrong Management Group mantiene un sitio Web con casos y artículos relacionados con ERP y MRP:

<http://www.armstronglaing.com>

Baan:

www.baan.com

Business Research in Information and Technology:

www.brint.com

Electronic College of Innovation, Department of Defense:

<http://www.c3i.osd.mil/bprcd/mhome.htm>

Intelligent Enterprise Software:

www.iqms.com

J. D. Edwards:

www.jdedwards.com

SAP America:

www.sap.com

Oracle:

www.oracle.com

PeopleSoft:

www.peoplesoft.com

Sistemas justo a tiempo y producción esbelta

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: EL SISTEMA JUSTO A TIEMPO (JIT) DA VENTAJA COMPETITIVA A GREEN GEAR CYCLING

PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO Y PRODUCCIÓN ESBELTA

PROVEEDORES

- Metas de las sociedades JIT
- Preocupaciones de los proveedores

DISTRIBUCIÓN FÍSICA PARA JIT

- Reducción de distancias
- Incremento de la flexibilidad
- Impacto en los empleados
- Reducción de espacios e inventarios

INVENTARIO

- Reducción de la variabilidad
- Reducción del inventario
- Reducción del tamaño de los lotes
- Reducción de costos de preparación

PROGRAMACIÓN

- Programas nivelados
- Kanban

CALIDAD

DELEGACIÓN DE AUTORIDAD EN LOS EMPLEADOS

PRODUCCIÓN ESBELTA

JIT EN LOS SERVICIOS

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

PROBLEMA RESUELTO

EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

PROBLEMAS

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

CASOS DE ESTUDIO: MUTUAL INSURANCE COMPANY DE IOWA; JIT DESPUÉS DEL INCENDIO

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

BIBLIOGRAFÍA

RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

- Tipos de desperdicio
- Variabilidad
- Kanban

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Filosofía de justo a tiempo
- Sistemas de jalar
- Sistemas de empujar
- Metas de las sociedades JIT
- Producción esbelta

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

El sistema justo a tiempo (JIT) da ventaja competitiva a Green Gear

La empresa Green Gear Cycling, Inc., ubicada en Eugene, Oregon, diseña y manufactura una bicicleta portátil de alto rendimiento conocida como Bike Friday. El nombre está inspirado en "Viernes" de Robinson Crusoe, quien siempre estaba ahí cuando lo necesitaban. La Bike Friday viene en una maleta, que siempre está a la mano cuando uno la necesita. Esta singular línea de bicicletas portátiles plegables, que caben en una maleta, se fabrica sólo por encargo. La meta de Green Gear ha sido, desde su creación en 1992, producir con rapidez y economía una bicicleta de calidad personalizable. Esa meta sugirió una estrategia de personalización masiva, con entrada-salida rápida, inventario bajo, células de trabajo y la eliminación de la preparación de las máquinas. También significó adoptar las mejores prácticas de administración de operaciones con un enfoque importante en el sistema justo a tiempo (JIT) y la administración de la cadena de suministro.



Green Gear ha integrado con cuidado la manufactura justo a tiempo y la mejora continua a su cultura y sus procesos. El inventario se mantiene en contenedores individuales en el sitio donde se usa. Cada contenedor se identifica con una etiqueta e incluye una tarjeta de kanban para activar su pedido.



Las células de trabajo usan ampliamente ayudas visuales y etiquetas explícitas de todo el inventario, herramientas y el equipo. Cada artículo se guarda en un lugar específico, lo que facilita la capacitación cruzada y la asignación de empleados a las distintas células. El diseño efectivo de las células de trabajo se traduce en poco inventario, con un inventario de trabajo en proceso de una bicicleta por célula.

GREEN GEAR CYCLING

Gracias a la colaboración con sus proveedores, Green Gear ha desarrollado e implantado las entregas JIT que contribuyen a mantener niveles de inventario mínimos. Al almacenar el inventario en el punto donde se usa y desarrollar sistemas internos que apoyan el reabastecimiento en pequeñas cantidades, la empresa ha conseguido al mismo tiempo mejorar la calidad y disminuir los inventarios. La maquinaria específica y los dispositivos para una sola aplicación también han facilitado el manejo de cantidades pequeñas al reordenar componentes. El éxito de JIT ha sido básico para el buen funcionamiento del sistema de bajo inventario y alta calidad de Green Gear. Este tipo de sistemas se conocen como sistemas "kanban" y usan señales sencillas, como una tarjeta, en lugar de una orden formal, para indicar la necesidad de más partes.

Tanto por razones de competitividad como de eficiencia, los administradores de Green Gear desean mantener su tiempo total de entrada-salida en menos de un día, desde los tubos desarmados hasta la bicicleta terminada. Una distribución de planta de manufactura con un rendimiento tan alto requiere minimizar o eliminar las preparaciones de las máquinas. En consecuencia, la empresa cuenta con dos líneas de flujo: una para las bicicletas dobles y otra para las individuales. Las siete células de trabajo que componen las dos líneas se alimentan a partir de tres células de apoyo. Éstas suministran subensambles, recubrimiento en polvo y ruedas, y reciben los pedidos mediante tarjetas kanban. El tiempo de entrada-salida de cada célula de trabajo está balanceado para que se ajuste al de las demás. El buen diseño de estas células de trabajo contribuye a que

Green Gear tenga una rápida salida de productos, con poco material en proceso.

Cada bicicleta se construye a la medida, de acuerdo con la configuración que el cliente decide, y se envía inmediatamente después de haberla terminado. Por ello, este sistema JIT de fabricación por pedido requiere niveles bajos de materias primas e inventario en proceso e inventario cero de productos terminados. La colaboración de los proveedores, las células de trabajo creativas, la eliminación de preparaciones y la calidad excepcional, contribuyen a los bajos niveles de inventario y apoyan a Green Gear en su esfuerzo permanente por acelerar el paso de las bicicletas por la planta con tamaños de lotes de una unidad.



Cada Bike Friday se personaliza y produce por pedido a partir de 14 modelos básicos, que suman un total de 67 listas preconfiguradas, pintura de muchos colores y opciones adicionales de tamaño. Aunque el número total de combinaciones posibles es mayor que 211,000, el tamaño del lote es una unidad. Lo sorprendente es que cabe en una maleta.

Justo a tiempo (JIT)

Filosofía de solución de problemas de manera continua y forzada que elimina el desperdicio.

Producción esbelta

Una manera de eliminar el desperdicio al concentrarse exactamente en lo que el cliente quiere.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

Diseño de bienes y servicios

Administración de la calidad

Estrategia de proceso

Estrategias de localización

Estrategias de distribución física

Recursos humanos

Administración de la cadena de suministro

Administración de inventarios

Demanda independiente

Demanda dependiente

JIT y producción esbelta

Programación

Mantenimiento

Variabilidad

Cualquier desviación del proceso óptimo que entrega un producto perfecto a tiempo, todas las veces.

Sistema de jalar

Concepto de JIT que da como resultado la producción de material sólo cuando se solicita, y que se mueve al punto donde se necesita justo cuando es necesario.

Como se ve en el *Perfil global de la compañía*, el sistema justo a tiempo (JIT) contribuye con eficiencia a la operación de Green Gear Cycling. En este capítulo analizamos el sistema JIT como una filosofía de mejora continua, que elimina el desperdicio y apoya a las organizaciones con producción esbelta (sin desperdicio).

PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO Y PRODUCCIÓN ESBELTA

Justo a tiempo es una filosofía de solución continua y forzada de problemas para apoyar la producción esbelta. La **producción esbelta** proporciona al cliente justo lo que quiere, cuando lo quiere y sin desperdicio, mediante la mejora continua. La producción esbelta parte de la orden del cliente que “jala” todo. La entrega justo a tiempo es un ingrediente básico de la producción esbelta. Cuando JIT y producción esbelta se implantan como estrategia general de manufactura, ayudan a mantener la ventaja competitiva y derivan en mayores utilidades globales.¹

Con las técnicas JIT, los suministros y los componentes se “jalan” por el sistema hasta que llegan al punto *donde* se necesitan, *cuando* es preciso. El hecho de que las unidades correctas no lleguen justo cuando se requieren pone en evidencia la presencia de un “problema”. Esta característica hace de JIT una magnífica herramienta para los administradores de operaciones que desean agregar valor, porque les ayuda a eliminar el desperdicio y la variabilidad no deseada. Un sistema JIT que evita los excesos de inventario y de tiempo, permite eliminar los costos asociados con el inventario innecesario y mejorar el rendimiento. Por lo tanto, los beneficios de este sistema especialmente útiles como apoyo para las estrategias de respuesta rápida y bajo costo.

En esta sección analizamos brevemente la eliminación del *desperdicio* y la *variabilidad*, así como el concepto de “*jalar*” *los materiales*, como elementos fundamentales tanto de JIT como de la producción esbelta. A continuación presentamos diversas aplicaciones de JIT en relación con proveedores, distribución de planta, inventario, programación, calidad y delegación de autoridad en los empleados. Después se revisarán algunas características distintivas de la producción esbelta y se analizará la aplicación del sistema JIT en los servicios.

Reducción del desperdicio Cuando se habla de desperdicio en la producción de bienes o servicios, se hace referencia a *cualquier cosa que no agrega valor*. Los productos que se *almacenan, inspeccionan o retrasan, los que esperan en colas y los defectuosos* no agregan valor y son 100% desperdicio. También se considera desperdicio toda actividad que no agrega valor al producto *desde la perspectiva del cliente*. Los sistemas JIT aceleran la entrada-salida y, por tanto, los tiempos de entrega son más rápidos y la cantidad de trabajo en proceso disminuye. Reducir el material en proceso libera activos en el inventario, que pueden servir para fines más productivos.

Reducción de la variabilidad Los administradores *reducen la variabilidad ocasionada por factores internos y externos*, con el propósito de lograr que los materiales se muevan justo a tiempo. La **variabilidad** es toda desviación de un proceso óptimo que entrega puntualmente un producto perfecto, todas las veces. El inventario oculta la variabilidad; y el término *variabilidad* es un nombre elegante para llamar a los problemas. Cuanta menos variabilidad haya en un sistema, menor será el desperdicio. La mayor parte de la variabilidad se debe a la tolerancia del desperdicio o a la mala administración. La variabilidad se presenta porque:

1. Los empleados, las máquinas y los proveedores producen unidades que no cumplen con los estándares, llegan tarde o no llegan en la cantidad debida.
2. Los diseños o las especificaciones de ingeniería no son precisos.
3. El personal de producción intenta fabricar antes de que estén completos los diseños o las especificaciones.
4. Se desconocen las demandas del cliente.

Muchas veces la variabilidad pasa inadvertida cuando existen inventarios. A esto se debe la efectividad de JIT. La filosofía de mejora continua de JIT permite eliminar la variabilidad. Cuando la variabilidad desaparece, es posible mover los materiales correctos justo a tiempo para su uso. La entrega justo a tiempo disminuye la cantidad de material a lo largo de la cadena de suministro. Ayuda a que los administradores se concentren en agregar valor en cada etapa. La tabla 12.1 describe las contribuciones de JIT; en este capítulo se analiza cada uno de estos conceptos.

Jalar o empujar El concepto que sustenta a JIT es el de **sistema de jalar**: un sistema que *jala* una unidad al punto donde se necesita, justo cuando se requiere. En los sistemas que jalan se usan señales para solicitar a las estaciones anteriores que produzcan o entreguen a las estaciones que tienen capacidad de producción disponible. El concepto de jalar se aplica tanto al proceso inmediato de producción como a

¹Las investigaciones sugieren que cuanto mayor sea la amplitud y la profundidad de los sistemas JIT, mayores serán las ganancias globales. Véase Rosemary R. Fullerton y Cheryl S. McWatters, “The production Performance Benefits from JIT Implementation”, *Journal of Operations Management* 19, núm. 1 (enero de 2001): 81-96.

TABLA 12.1 ■

JIT contribuye a la ventaja competitiva

JIT REQUIERE:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Proveedores: | Menor número de vendedores; relaciones de apoyo entre proveedores; entrega puntual de productos de calidad |
| Distribución de planta: | Distribución en forma de células de trabajo, con pruebas en cada paso del proceso; tecnología de grupos; maquinaria móvil y flexible que se puede cambiar; alto grado de organización y pulcritud en el centro de trabajo; menos espacio para el inventario; entrega directa a las áreas de trabajo |
| Inventario: | Lotes pequeños; tiempos de preparación cortos; contenedores especializados para guardar cantidades fijas de partes |
| Programación: | Desviación nula de los programas; programas equilibrados; proveedores informados de los programas; técnicas kanban |
| Mantenimiento preventivo: | Programado; rutinas diarias; participación de los operarios |
| Prod. de calidad: | Control estadístico del proceso; proveedores de calidad; calidad dentro de la empresa |
| Del. de autoridad en los empleados: | Empleados con autoridad y con capacitación cruzada; apoyo mediante capacitación; pocas clasificaciones del trabajo para asegurar la flexibilidad de los empleados |
| Compromiso: | Apoyo entre administración, empleados y proveedores |

DA COMO RESULTADO:

- La disminución de líneas de espera y retrasos acelera la producción, libera activos y gana pedidos
- El aumento de la calidad reduce el desperdicio y gana pedidos
- La reducción de costos aumenta el margen o baja el precio de venta
- La disminución de la variabilidad en el centro de trabajo reduce el desperdicio y gana pedidos
- La reducción de retrabajo disminuye los desperdicios y gana pedidos

DERIVA DE:

- Una respuesta más rápida al cliente por un costo más bajo y mayor calidad
- Una ventaja competitiva**

Tiempo del ciclo de manufactura

Lapso que transcurre entre la llegada de la materia prima y el embarque de los productos terminados.

Sistema de empujar

Sistema que empuja los materiales hacia las estaciones de trabajo que siguen, sin importar sus fechas de entrega ni la disponibilidad de recursos para desempeñar la tarea.

Sociedades JIT

Sociedades de proveedores y compradores que buscan eliminar el desperdicio y reducir los costos en beneficio de ambas partes.

los proveedores. Al jalar el material a lo largo del sistema en lotes muy pequeños, justo cuando se necesitan, se elimina el excedente del inventario que oculta los problemas, es decir, los problemas se hacen evidentes y se hace hincapié en la mejora continua. También el hecho de eliminar el colchón del inventario disminuye tanto la inversión en inventario como el tiempo del ciclo de manufactura.

El **tiempo del ciclo de manufactura** es el lapso que transcurre entre la llegada de la materia prima y el embarque de los productos terminados. Por ejemplo, en Northern Telecom, fabricante de sistemas de telefonía, los materiales se jalan directamente de los proveedores calificados a la línea de ensamble. Este esfuerzo redujo el tiempo del ciclo de manufactura del segmento receptor de Northern de 3 semanas a sólo 4 horas, disminuyó el personal de inspección de productos recibidos de 47 a 24, y redujo 97% de los problemas en la planta ocasionados por materiales defectuosos.

Sin embargo, muchas empresas todavía “empujan” los materiales por sus instalaciones. En un **sistema de empujar** los pedidos se trasladan de una estación de trabajo a la siguiente, sin importar los tiempos o la disponibilidad de recursos. Los sistemas de empujar son la antítesis del sistema JIT.

PROVEEDORES

El material que entra con frecuencia se demora con el transportista, está en tránsito, en el departamento de recepción o en la inspección del material que entra. De manera semejante, los bienes terminados con frecuencia se almacenan o detienen en el almacén antes de enviarlos a los distribuidores o clientes. Debido a que mantener inventario es un desperdicio, las sociedades JIT se centran en reducir tal desperdicio.

Las **sociedades JIT** existen cuando un proveedor y un comprador trabajan juntos con la meta común de reducir el desperdicio y bajar los costos. Este tipo de relaciones son vitales para el éxito de un sistema



Muchos servicios han adoptado las técnicas JIT como parte normal de su negocio. Muchos restaurantes, y sin duda los de alta cocina, esperan y reciben entregas JIT. El comprador y el proveedor esperan frutas y vegetales frescos, de alta calidad, entregados sin falta justo cuando los necesitan. El sistema no funciona de otra manera.

JIT. Cada *momento* que se tiene el material en la mano, debe tener lugar algún proceso que agregue valor. Para asegurar que así sea, Xerox, igual que otras organizaciones de vanguardia, considera al proveedor como una extensión de su propia organización. En consecuencia, el personal de Xerox espera que los proveedores estén tan comprometidos a mejorar como Xerox. Esta relación exige un alto grado de apertura,² por parte tanto del proveedor como del comprador. La tabla 12.2 muestra las características de las sociedades JIT.

Metas de las sociedades JIT

Las sociedades JIT tienen cuatro metas:

1. *Eliminar actividades innecesarias.* Por ejemplo, un sistema JIT que tiene buenos proveedores, no necesita las actividades de recepción e inspección del material de entrada.
2. *Eliminar inventario en la planta.* El sistema JIT entrega los materiales donde y cuando se necesitan. Un inventario de materia prima sólo es necesario si existe un motivo para suponer que los proveedores no son confiables. Además, las partes o los componentes deben entregarse en lotes pequeños, directamente al departamento que los usa a medida que los necesita.
3. *Eliminar el inventario en tránsito.* En cierta ocasión, General Motors estimó que en cualquier momento dado, más de la mitad de su inventario estaba en tránsito. Los departamentos de compras modernos procuran ahora reducir el inventario en tránsito alentando a los proveedores existentes y potenciales a que se ubiquen cerca de las plantas de manufactura y a que envíen embarques pequeños y frecuentes. Cuanto más corto sea el flujo de materiales en la línea de los recursos, menor será el inventario. También es posible reducir el inventario mediante una técnica llamada *consignación*. El **inventario a consignación** (véase el recuadro *AO en acción* “producción esbelta en Cessna Aircraft”) es una variación del inventario administrado por los proveedores y significa que el proveedor conserva la propiedad del inventario hasta que la empresa lo usa. Por ejemplo, una planta de ensamble podría encontrar un proveedor de hardware que esté dispuesto a ubicar su almacén cerca del almacén del usuario. De esta forma, el hardware no está más lejos que el almacén del usuario cuando éste lo necesita, y el proveedor envía materiales desde ese almacén a otros compradores tal vez más pequeños.
4. *Eliminar a los malos proveedores.* Cuando una empresa disminuye el número de proveedores, aumenta sus compromisos a largo plazo. Para conseguir mayor calidad y confiabilidad, proveedores y compradores tienen un entendimiento y confianza recíprocos. La meta de sólo realizar entregas cuando es necesario y en la cantidad exacta requiere además una *calidad perfecta*, también conocida como *cero defectos*. Por supuesto, es necesario que tanto el proveedor como el sistema de entregas sean excelentes.

Inventario a consignación

Arreglo donde el proveedor conserva la propiedad del inventario hasta que se usa.

²J. Douglas Blocker, Charles W. Lackey y Vincent A. Mabert, “From JIT Purchasing to Supplier Partnerships at Xerox”, *Target* 9, núm. 3 (mayo-junio de 1993): 12-18.

TABLA 12.2 ■

Características de las sociedades JIT

Para que el JIT funcione, es necesario que el agente de compras informe a su proveedor cuál es la meta de la compañía. Esto incluye la entrega, el empaque, el tamaño de los lotes, la calidad, etcétera.

PROVEEDORES

- Pocos proveedores
- Proveedores cercanos
- Repetición de la compra con los mismos proveedores
- Análisis y apoyo para que los proveedores deseables puedan ofrecer o mantener precios competitivos
- Licitaciones principalmente limitadas a nuevas adquisiciones
- Resistencia del comprador a la integración vertical y la aniquilación subsiguiente del proveedor
- Se alienta a los proveedores a extender las compras JIT a sus propios proveedores (de segundo y tercer nivel)

CANTIDADES

- Tasa de producción estable
- Entregas frecuentes en lotes pequeños
- Acuerdos de contratos a largo plazo
- Poca o ninguna documentación para la liberación de órdenes (uso de EDI o de Internet)
- Cantidades fijas de entrega durante la vigencia del contrato
- Pocos o ningún excedente o faltante permitidos
- El proveedor empaca en cantidades exactas
- El proveedor reduce el tamaño de sus lotes

CALIDAD

- Se impone un mínimo de especificaciones de producto al proveedor
- Ayuda a los proveedores para cumplir con los requerimientos de calidad
- Relaciones estrechas entre el personal de aseguramiento de la calidad de compradores y proveedores
- Los proveedores usan *poka-yokes* y gráficas de control de procesos en lugar de inspección por muestreo de lote

EMBARQUE

- Programación de los fletes que entran
- Obtener el control usando embarques y almacenes de la compañía o contratados
- Uso de notificaciones anticipadas de embarque (ASN, *advanced shipping notice*)

Fuentes: Adaptado de M. Schniederjans, *Topics in Just in Time*, Boston: Allyn & Bacon (1993); *International Journal of Operations and Production Management* 10, núm. 4 (1990): 31-41; *Production and Inventory Management Journal* 29, núm. 3 (1988): 45-50; y *California Management Review* 26, núm. 1 (1983).

AO EN ACCIÓN

Producción esbelta en Cessna Aircraft

Cuando Cessna Aircraft abrió su nueva planta en Independence, Kansas, en 1996, vio la oportunidad de dejar la mentalidad de sólo habilidades técnicas para producir aviones pequeños de un motor y cambiar a un sistema de producción esbelta. Para lograrlo, Cessna adoptó tres ideas básicas de la producción esbelta.

Primero, estableció inventarios a consignación o administrados por el vendedor con varios de sus proveedores. Por ejemplo, Honeywell mantiene en la planta un suministro de partes de avión para 30 días. También alentó a otros proveedores a que usaran almacenes cercanos de partes, con la finalidad de que hicieran entregas diarias a la línea de producción.

Segundo, los administradores de Cessna se comprometieron con la filosofía de la capacitación cruzada, donde los miembros de un equipo aprenden las tareas de otros miembros, y pueden moverse de un lugar a otro de las lí-

neas de ensamble según se necesite. Para desarrollar estas habilidades técnicas, Cessna contrató trabajadores jubilados de la línea de ensamble para que adiestraran a los empleados nuevos. Así, los empleados aprendieron a trabajar en equipo y asumir la responsabilidad por la calidad del equipo al que pertenecían.

Tercero, la compañía implantó el uso de tecnología de grupos (capítulo 3) y de células de producción (capítulo 6), para dejar atrás el proceso por lotes que derivaba en grandes inventarios y aviones que no se vendían. Ahora, Cessna jala el producto por su planta sólo cuando tiene un pedido específico.

Estos compromisos a largo plazo con una manufactura eficiente forman parte del sistema de producción esbelta que ha convertido a Cessna en líder de su industria, que capta alrededor de la mitad del mercado de aviones de su tipo.

Fuentes: *Fortune* (1 de mayo de 2000): 1222B-1222Z; *Manufacturing Systems Supply Chain Yearbook: 2002* (2000): 46-48, y *New York Times* (7 de junio de 2000): E-18.

Preocupaciones de los proveedores

Para establecer una sociedad JIT, los proveedores deben atender varios aspectos, que incluyen:

1. *Deseos de diversificación.* Muchos proveedores no quieren atarse a contratos de largo plazo con un cliente. Los proveedores piensan que reducen su riesgo si tienen varios clientes.
2. *Mala programación del cliente.* Muchos proveedores confían poco en la capacidad del comprador para reducir sus pedidos a un programa equilibrado y coordinado.
3. *Cambios de ingeniería.* Los cambios frecuentes de ingeniería, con tiempos de entrega inadecuados para que los proveedores realicen los cambios en el proceso y las herramientas, son contraproducentes en un sistema JIT.
4. *Aseguramiento de la calidad.* Muchos proveedores consideran que la producción con cero defectos no es realista.
5. *Lotes pequeños.* A menudo, los proveedores tienen procesos diseñados para lotes grandes y consideran que las entregas frecuentes al cliente en lotes pequeños es una forma de transferir a los proveedores los costos de mantener el inventario.
6. *Proximidad.* Dependiendo de la ubicación del cliente, los proveedores pueden considerar que la entrega en lotes pequeños tiene costos prohibitivos.

Para los escépticos de las bondades de las sociedades JIT, conviene destacar que prácticamente todos los restaurantes del mundo practican el sistema justo a tiempo y con poco personal de apoyo. Muchos solicitan a media noche los alimentos que requieren para la mañana siguiente. Es decir, solicitan a proveedores confiables sólo *lo que es necesario*, para que se entregue *cuando* es necesario.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA PARA JIT

TABLA 12.3 ■
Tácticas para la
distribución de planta

| |
|---|
| Crear células de trabajo por familias de productos |
| Minimizar la distancia |
| Diseñar un espacio pequeño para inventario |
| Mejorar la comunicación entre los empleados |
| Usar dispositivos <i>poka-yoke</i> |
| Crear un equipo flexible y portátil |
| Dar capacitación cruzada a los trabajadores para aumentar la flexibilidad |

La distribución de los sistemas JIT disminuye otro tipo de desperdicio: el movimiento. El movimiento de material en la planta de una fábrica (o de papeles en una oficina) no agrega valor. Por lo tanto, queremos distribuciones flexibles que disminuyan los movimientos de personas y materiales. La distribución JIT facilita el movimiento de los materiales directamente al lugar donde se requieren. Por ejemplo, el diseño de una línea de ensamble debe incluir puntos de entrega cercanos a la línea, para que el material no tenga que entregarse primero en el departamento de recepción en otro lugar de la planta y después trasladarse de nuevo. Esto es lo que hizo la División Wrangler de VF Corporation en Greensboro, Carolina del Norte, donde ahora la mezclilla se entrega directamente a la línea de ensamble. Cuando la distribución disminuye las distancias, la empresa no sólo ahorra espacio, también elimina las áreas donde podría acumularse inventario no deseado. La tabla 12.3 contiene una lista de tácticas para la distribución física.

Reducción de distancias

Reducir la distancia es una contribución importante de las células de trabajo, los centros de trabajo y las fábricas enfocadas (véase el capítulo 6). Se acabaron los tiempos de las largas líneas de producción y los enormes lotes económicos, con artículos que pasan por colosales máquinas de una sola tarea. En la actualidad, las empresas usan las células de trabajo, con frecuencia arregladas en forma de U, con varias máquinas que realizan distintas operaciones. A menudo, dichas células de trabajo tienen como base códigos de tecnología de grupos (como se vio en el capítulo 3). Los códigos de tecnología ayudan a identificar componentes con características similares, con la finalidad de agruparlos por familias. Después de identificar las familias, se crean células de trabajo para ellas. Se piensa en el resultado como en una instalación pequeña orientada al producto, donde el “producto” es, de hecho, un grupo de productos similares o una familia de productos. Las células producen una unidad buena a la vez y, en términos ideales, producen unidades *sólo* después de que el cliente coloca un pedido.

Incremento de la flexibilidad

Las células de trabajo modernas están diseñadas de manera que se pueda cambiar el arreglo con facilidad para adaptarlas a los cambios en volumen, mejoras al producto o incluso nuevos diseños. En estos nuevos departamentos casi nada está atornillado. Este mismo concepto de flexibilidad de la disposición se aplica a los entornos de oficina, donde no sólo se mueven casi todos los muebles y equipo, sino también los muros, los contactos de computadora y las instalaciones de telecomunicación. El equipo es modular. La flexibilidad de la distribución física favorece los cambios que derivan en la mejora del producto y el proceso, que son inevitables si se aplica la filosofía de mejora continua.

Impacto en los empleados

Con el objetivo de aportar flexibilidad y eficiencia a la célula de trabajo, los empleados que trabajan juntos reciben capacitación cruzada. Las distribuciones JIT permiten que los empleados trabajen juntos y hablen entre sí de problemas y oportunidades para mejorar el desempeño de sus tareas. Cuando la distri-

En un sistema JIT, cada trabajador inspecciona la parte que llega a sus manos. Cada trabajador sabe que la parte debe estar bien antes de pasar al siguiente “cliente”.

bución física toma en cuenta las operaciones secuenciales, la retroalimentación es inmediata. Los defectos son un desperdicio. Cuando los trabajadores producen unidades de una en una, prueban cada producto o componente en cada etapa subsiguiente de la producción. Las máquinas de las células de trabajo que cuentan con funciones “poka-yoke” de autoprueba detectan los defectos y se detienen automáticamente cuando se presentan. Antes de los sistemas JIT, los productos defectuosos se reemplazaban con otros del inventario. Como en las instalaciones JIT no hay inventarios excedentes, no hay este tipo de amortiguador. Es vital que las cosas se hagan bien la primera vez.

TABLA 12.4 ■
Tácticas para el inventario JIT

| |
|--|
| Usar un sistema de jalar para mover el inventario |
| Reducir el tamaño del lote |
| Desarrollar sistemas de entrega justo a tiempo con los proveedores |
| Entregar directamente en el punto de uso |
| Cumplir la programación |
| Reducir el tiempo de preparación |
| Usar tecnología de grupos |

Inventario justo a tiempo

Inventario mínimo necesario para que un sistema funcione perfectamente.

Reducción de espacios e inventarios

Como la distribución JIT reduce las distancias de recorrido, también disminuye el inventario, al eliminar el espacio para él. Cuando hay poco espacio, las existencias deben moverse en lotes muy pequeños o incluso por unidades. Las unidades siempre están en movimiento porque no hay un almacén. Por ejemplo, Security Pacific Corporation cuenta con instalaciones enfocadas que, mes con mes, clasifican 7 millones de cheques, procesan 5 millones de estados de cuenta y envían por correo a los clientes 190 mil estados de cuenta. Desde que implantó una distribución JIT, el tiempo para procesar la correspondencia ha disminuido 33%, los costos por concepto de salarios se han reducido cientos de miles de dólares al año, el espacio de piso, 50% y las líneas de espera de inventario en proceso, entre 75 y 90%. La empresa eliminó todo tipo de almacenaje, incluso anaqueles y cajones.

INVENTARIO

En los sistemas de producción y distribución, los inventarios existen “por si acaso” algo sale mal. Es decir, se usan sólo en caso de que ocurra alguna variación en el plan de producción. En tal caso, el inventario “adicional” puede cubrir las variaciones o los problemas. Las buenas tácticas de inventario requieren “justo a tiempo” y no “por si acaso”. El **inventario justo a tiempo** es el inventario mínimo necesario para que un sistema funcione perfectamente. Con un inventario justo a tiempo, el volumen exacto de bienes llega en el momento en que se necesita, ni un minuto antes ni uno después. El recuadro *AO en acción* “probemos un inventario de cero” señala que es posible lograrlo. La tabla 12.4 contiene algunas tácticas útiles para el inventario JIT que se estudia con más detalle en las secciones siguientes.

Reducción de la variabilidad

La idea detrás de los sistemas JIT es eliminar el inventario que oculta la variabilidad en el sistema de producción. Este concepto se ilustra en la figura 12.1 que muestra un lago lleno de rocas. El agua representa el flujo del inventario y las rocas, problemas como demora en las entregas, descomposturas de máquinas y mal desempeño del personal. El nivel del agua no deja ver la variabilidad y los problemas. Como el inventario oculta los problemas, éstos son difíciles de detectar.

AO EN ACCIÓN

Probemos un inventario de cero

Las tácticas justo a tiempo se están incorporando a la producción con el propósito de mejorar la calidad, reducir la inversión en inventario y disminuir otros costos. No obstante, JIT también es una práctica establecida en los restaurantes, donde los clientes esperan que exista, y es una necesidad en el negocio de alimentos frescos, donde hay pocas opciones. Pacific Pre-Cut Produce, una compañía de 14 millones de dólares, dedicada a procesar frutas y vegetales en Tracy, California, mantiene su inventario en cero. Los compradores entran en acción en las primeras horas de la mañana. A las 6 A.M. aparecen las cuadrillas que procesan los productos frescos. Las órdenes que requieren cortes y mezclas de frutas y vegetales específicos, para ensaladas y para freír, destinados a supermercados, restaurantes y cocinas de diversas instituciones, fluyen desde las 8 A.M. hasta las 4 P.M. Los envíos empiezan a las 10 P.M. y continúan hasta que se surte el último pedido, que se envía a las cinco de la mañana del día siguiente. En ese momento, el inventario vuelve a

estar en cero y las cosas permanecen relativamente tranquilas durante poco más de una hora, cuando la rutina comienza una vez más. Pacific Pre-Cut Produce ha cumplido un ciclo completo de compra, producción y embarque en aproximadamente 24 horas.

Bob Borzone, vicepresidente de esta compañía, describe el proceso como lo último en personalización masiva. “Compramos toda la mercancía a granel, después la rebanamos y cortamos para cumplir con las exigencias precisas del usuario final. Tenemos 20 mezclas diferentes de verduras para freír. Algunos clientes quieren que los ejotes vayan cortados por ambos extremos, otros sólo por un lado. Algunos quieren que la mezcla lleve nada más pimienta roja, otros sólo amarillo. Nosotros preparamos el producto sujetándonos a las exigencias del cliente. Intentamos satisfacer las necesidades de muchos usuarios finales y cada restaurante y minorista quiere lucir diferente.”

Fuentes: *Inbound Logistics* (agosto de 1997): 26-32; y *Restaurant Business* (10 de junio de 1992): 16-20.

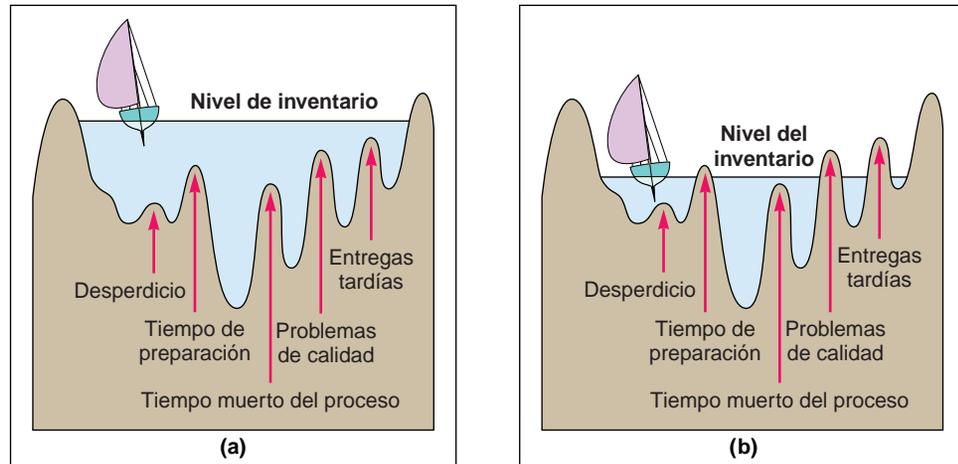


FIGURA 12.1 ■ El inventario tiene dos costos, el de mantener artículos en inventario y el de los problemas que oculta, tal como el agua del lago oculta las rocas



“El inventario es el mal.”
Shigeo Shingo

Reducción del inventario

Lo primero que hacen los administradores de operaciones para establecer un sistema JIT es eliminar el inventario. Reducir el inventario deja al descubierto las “rocas” de la figura 12.1a, que representan la variabilidad y los problemas tolerados en ese momento. Cuando los administradores reducen el inventario, van eliminando los problemas que quedan expuestos hasta que el lago queda limpio. Después de esta primera limpieza, efectúan más recortes al inventario y comienzan a eliminar los problemas que quedan expuestos en el siguiente nivel (véase la figura 12.1b). Al final, prácticamente no quedará inventario ni problemas (variabilidad).

Shigeo Shingo, uno de los desarrolladores del sistema JIT de Toyota dice: “el inventario es el mal”, y no está lejos de la verdad. Si el inventario en sí no es el mal, oculta los males a un costo muy alto.

Reducción del tamaño de los lotes

Justo a tiempo también significa eliminar el desperdicio mediante la reducción de la inversión en inventario. La clave de JIT es fabricar un buen producto en lotes pequeños. La reducción del tamaño de los lotes se vuelve una gran ayuda para reducir el nivel de inventario y sus costos. Como se vio en el capítulo 10, cuando el uso del inventario es constante, el inventario promedio es la suma del inventario máximo más el inventario mínimo dividido entre dos. En la figura 12.2 se muestra cómo al reducir el tamaño de la orden aumenta el número de pedidos, pero baja el nivel del inventario.

En un entorno JIT, el tamaño ideal de la orden es una unidad y cada unidad se jala de un proceso adyacente a otro. Dicho de manera más realista, para determinar el tamaño del lote se toma en cuenta el

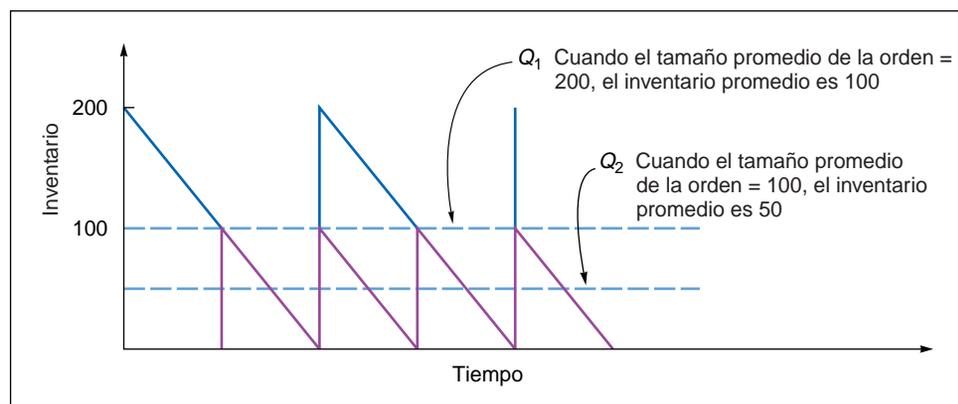


FIGURA 12.2 ■ Las órdenes frecuentes reducen el inventario promedio

Una orden de tamaño más pequeño aumenta la cantidad de órdenes y el costo total de ordenar, pero disminuye el inventario promedio y el costo total de mantener.

análisis del proceso, el tiempo de transporte y los contenedores usados en el transporte. El resultado de este análisis suele ser un lote pequeño, pero de un tamaño mayor que uno. Una vez determinado el tamaño del lote, se puede modificar el modelo del lote económico de producción, EOQ, para determinar el tiempo de preparación deseado. En el capítulo 10 vimos que el modelo del lote económico toma la forma:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \quad (12-1)$$

donde D = Demanda anual
 S = Costo de preparación
 H = Costo de mantener inventario
 d = Demanda diaria
 p = Producción diaria

En el ejemplo 1 se muestra cómo Crate Furniture, Inc., una empresa que produce muebles rústicos, cambia a lotes de menor tamaño.

Ejemplo 1

Aleda Roth, analista de producción en Crate Furniture, determinó que un ciclo de producción de 2 horas sería un tiempo aceptable entre dos departamentos. Además, llegó a la conclusión de que era necesario lograr un tiempo de preparación que se ajustara al tiempo del ciclo de 2 horas. Roth preparó los siguientes datos y el procedimiento para determinar analíticamente el tiempo de preparación óptimo:

D = Demanda anual = 400,000 unidades
 d = Demanda diaria = 400,000 por 250 días = 1,600 unidades por día
 p = Tasa diaria de producción = 4,000 unidades por día
 Q = EOQ deseada = 400 (la demanda en 2 horas; es decir, 1,600 por día por cuatro periodos de 2 horas)
 H = Costo de mantener = \$20 por unidad por año
 S = Costo de preparación (por determinar)

Roth determina que el costo de preparación del equipo, calculado por hora, es \$30. Además, calcula que el costo de preparación por cada preparación debe ser

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H(1 - d/p)}}$$

$$Q^2 = \frac{2DS}{H(1 - d/p)}$$

$$S = \frac{(Q^2)(H)(1 - d/p)}{2D}$$

$$S = \frac{(400)^2(20)(1 - 1,600/4,000)}{2(400,000)}$$

$$= \frac{(3,200,000)(0.6)}{800,000} = \$2.40$$

Tiempo de instalación = \$2.40/(tasa de trabajo por hora)
= \$2.40/(\$30 por hora)
= 0.08 horas o 4.8 minutos

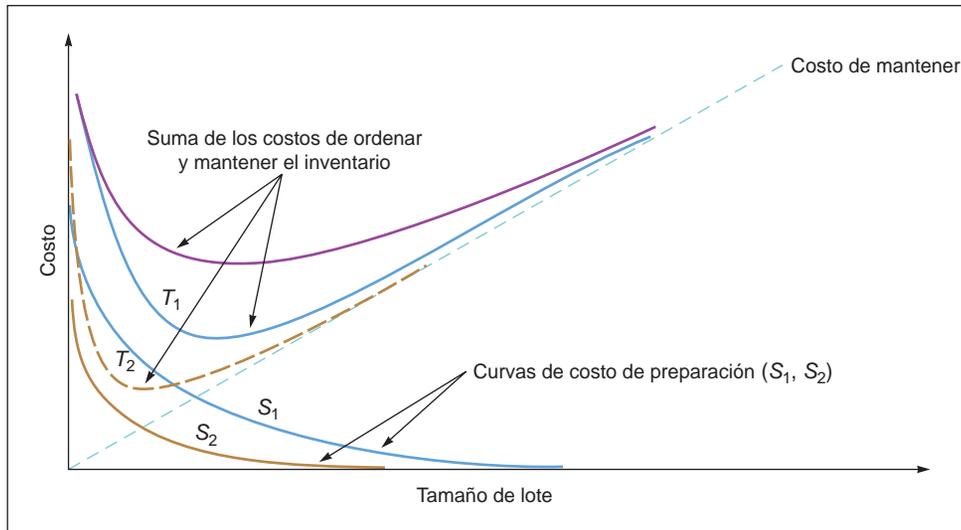
Ahora, en lugar de producir grandes lotes de componentes, Crate Furniture produce en un ciclo de 2 horas, con la ventaja de una rotación del inventario de cuatro vueltas *por día*.

Para que funcione el flujo de materiales en lotes pequeños, sólo es necesario hacer dos cambios. Primero, se deben mejorar el manejo de materiales y el flujo del trabajo. Con ciclos de producción cortos, sólo puede haber muy poco tiempo de espera. Mejorar el manejo de materiales suele ser una tarea sencilla y sin problemas. El segundo cambio representa un reto más grande y consiste en reducir, en forma radical, los tiempos de preparación. A continuación explicamos cómo reducir el tiempo de preparación.

FIGURA 12.3 ■

Al bajar los costos de preparación también baja el costo total

Cuando se aumenta la frecuencia de las órdenes es necesario reducir los costos de preparación, de lo contrario, subirán los costos de inventario. Conforme bajan los costos de preparación (de S_1 a S_2), bajan los costos de inventario (de T_1 a T_2).



Reducción de costos de preparación

Tanto el inventario como su costo de mantener bajan cuando disminuyen el punto de reorden y el nivel máximo de inventario. No obstante, como el inventario requiere incurrir en un costo de ordenar o de preparación que se debe aplicar a las unidades producidas, los administradores tienden a comprar (o producir) pedidos grandes. Cuando el pedido es grande, cada unidad adquirida o pedida sólo absorbe una pequeña parte del costo de preparación. En consecuencia, la manera de disminuir el tamaño de los lotes y reducir el inventario promedio es bajando el costo de preparación, que a su vez disminuye la cantidad óptima a ordenar.

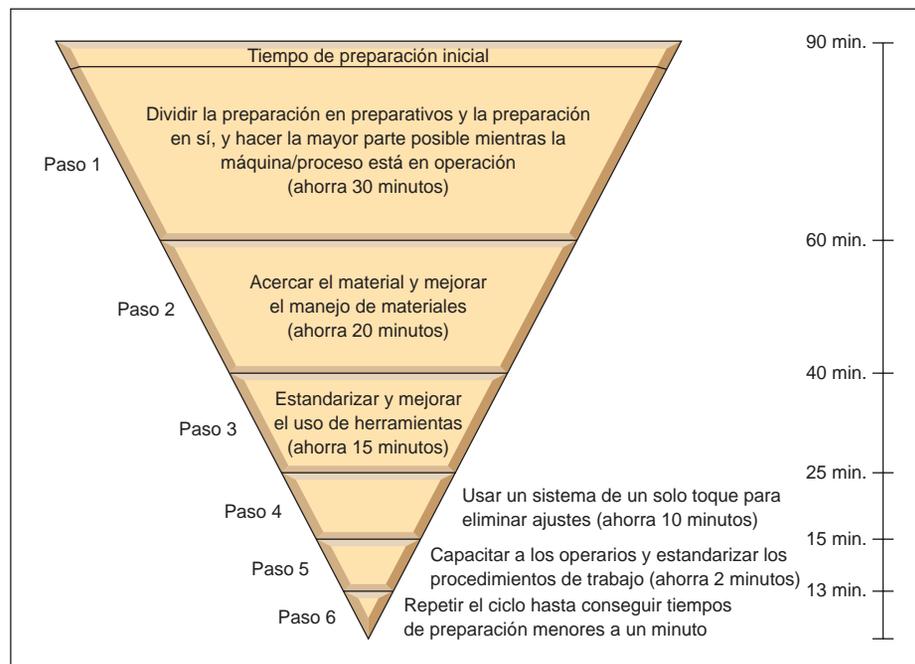
En la figura 12.3 se ilustra el efecto de reducir los costos de instalación sobre el costo total y el tamaño del lote. Más aún, los lotes más pequeños ocultan menos problemas. En muchos entornos, el costo de preparación está estrechamente relacionado con el tiempo de preparación. En una instalación de manufactura, las preparaciones normalmente requieren gran cantidad de trabajo antes de que la instalación esté lista en el centro de trabajo. Gran parte de los preparativos necesarios para preparar una máquina se pueden realizar antes de apagarla o de detener el proceso. Como se muestra en la figura 12.4, es posible reducir los tiempos de preparación en forma sustancial. Por ejemplo, en la planta de Kodak en Guadalajara, un equipo redujo el tiempo de preparación necesario para cambiar un cojinete de 12 horas a 6 minutos.³ Este tipo de avance es típico de los fabricantes de clase mundial.

Los lotes de tamaños más pequeños deben ir acompañados por tiempos de preparación más cortos, de lo contrario, el costo de preparación tendrá que asignarse a menos unidades.

FIGURA 12.4 ■

Pasos para reducir los tiempos de preparación

Los tiempos de preparación reducidos son un componente importante de JIT.



³Frank Carguello y Marty Levin, "Excellence at Work in Guadalajara, Mexico, Operation", *Target* 15, núm. 3 (tercer trimestre de 1999): 51-53.

Igual que se reducen los costos de preparación en una máquina de la fábrica, también se puede reducir el tiempo de preparación durante el proceso para tener listo el pedido. No tiene sentido disminuir el tiempo de preparación de horas a minutos, si los pedidos van a tardarse dos semanas para ser procesados o “preparados” en la oficina. Esto es justo lo que ocurre cuando las organizaciones olvidan que los conceptos JIT se deben aplicar tanto en oficinas como en fábricas. En resumen, reducir el tiempo de preparación (y el costo) es una excelente forma de reducir la inversión en inventario y mejorar la productividad.

TABLA 12.5 ■
Tácticas para la programación JIT

- Dar a conocer los programas a los proveedores
- Elaborar programas nivelados
- Congelar parte de la programación
- Trabajar según el programa
- Buscar la táctica fabricar una pieza, mover una pieza
- Eliminar el desperdicio
- Producir en lotes pequeños
- Usar *kanbans*
- Conseguir que cada operación produzca una parte perfecta

Programas nivelados
Programación de los productos de manera que la producción de cada día satisfaga la demanda de ese mismo día.

PROGRAMACIÓN

Los programas efectivos, publicados tanto al interior de la organización como a los proveedores externos, sirven de apoyo a JIT. Una buena programación también mejora la capacidad para satisfacer las órdenes de los clientes, baja el inventario al permitir lotes más pequeños y disminuye el inventario en proceso. Por ejemplo, Ford Motor Company ahora enlaza algunos proveedores a su programa de ensamble final. Ford comunica sus programas al fabricante de defensas Polycon Industries desde su sistema de control de producción Ford Oakville. El sistema de programación describe el estilo y color de la defensa que necesita para cada vehículo que avanza a la línea de ensamble final. Desde el sistema de programación se transmite la información a las terminales portátiles que lleva el personal de almacén de Polycon que coloca las defensas en las bandas que llegan a la plataforma de carga. De ahí, los camiones llevan las defensas a la planta de Ford, a 50 millas. Todo este movimiento tarda 4 horas.⁴ En la tabla 12.5 se sugieren varios elementos que ayudan a lograr estas metas y dos técnicas de gran importancia (además de comunicar los programas): los *programas nivelados* y *kanban*.

Programas nivelados

Los **programas nivelados** manejan lotes pequeños y frecuentes en lugar de unos cuantos lotes grandes. Como esta técnica programa muchos lotes pequeños que siempre están cambiando, se le ha llamado “caramelos”. En la figura 12.5 se compara un enfoque tradicional de lotes grandes con un programa nivelado JIT que maneja muchos lotes pequeños. La tarea del administrador de operaciones consiste en fabricar y mover lotes pequeños de manera que el programa nivelado sea económico. Esto requiere un buen manejo de los aspectos estudiados en este capítulo, que se centran en lotes pequeños. A medida que los lotes son más pequeños las restricciones pueden cambiar y convertirse en un reto mayor. En algún punto procesar una o dos unidades quizá no sea factible. Una restricción puede ser la forma de vender y embarcar las unidades (cuatro por empaque) o el cambio a una pintura costosa (en una línea de ensamble de automóviles) o la cantidad adecuada de unidades en un esterilizador (en una línea enlatadora de alimentos).

El programador debe darse cuenta de que *congelar* la parte del programa más cercana a las fechas de vencimiento permite que funcione el sistema de producción y que se cumpla el programa. Congelar significa no permitir cambios en esa parte del programa. Los administradores de operaciones esperan que el programa se cumpla sin desviaciones.

Kanban

Un camino para lograr lotes de tamaño pequeño es mover el inventario a través de la planta sólo cuando se necesita, en lugar de *empujarlo* a la siguiente estación de trabajo, independientemente de que el personal en ella esté listo o no para recibirlo. Como se mencionó, cuando el inventario se mueve exclusivamente conforme se necesita, se trata de un *sistema que jala*, cuyo tamaño ideal de lote es una unidad. Los japoneses llaman *kanban* a este sistema.



FIGURA 12.5 ■ Programar lotes pequeños de las partes A, B y C aumenta la flexibilidad para satisfacer la demanda de los clientes y reduce el inventario

El enfoque JIT para la programación produce justo la cantidad de cada modelo por periodo que el enfoque de los lotes grandes, siempre y cuando se reduzcan los tiempos de preparación.

⁴Mike Ngo y Paul Szucs, “Four Hours”, *APICS-The Performance Advantage*, núm. 1 (enero de 1996): 30-32.

Un kanban no necesita ser tan formal como señales de luces o carritos vacíos. El cocinero de un restaurante de comida rápida sabe que cuando hay seis autos esperando, debe tener ocho hamburguesas en la plancha y seis órdenes de papas a la francesa en la freidora.



Kanban

Palabra japonesa que significa "tarjeta" y que ahora se entiende como "señal"; un sistema *kanban* mueve partes a través de la línea de producción mediante una señal que indica cuándo "jalar" una parte.

Kanban quiere decir "tarjeta" en japonés. En su esfuerzo por reducir el inventario, los japoneses emplean sistemas que "jalan" el inventario a través de los centros de trabajo. Con frecuencia usan una "tarjeta" para indicar que se requiere otro contenedor de material, de ahí el nombre de *kanban*. *La tarjeta es la autorización para que se produzca el siguiente contenedor de material*. Normalmente, hay una señal *kanban* por cada contenedor de artículos que se recibe. Cada *kanban* inicia una orden para "jalar" un contenedor del departamento de producción o del proveedor. Una secuencia de *kanbans* va "jalando" el material por la planta.

Muchas instalaciones han modificado el sistema de modo que, aunque se llame *kanban*, en realidad no existe una tarjeta. En algunos casos, un lugar vacío en el piso basta para indicar que se necesita el siguiente contenedor. En otros casos, algún tipo de señal, como un banderín o una etiqueta (figura 12.6) indica que ha llegado el momento de recibir el siguiente contenedor.

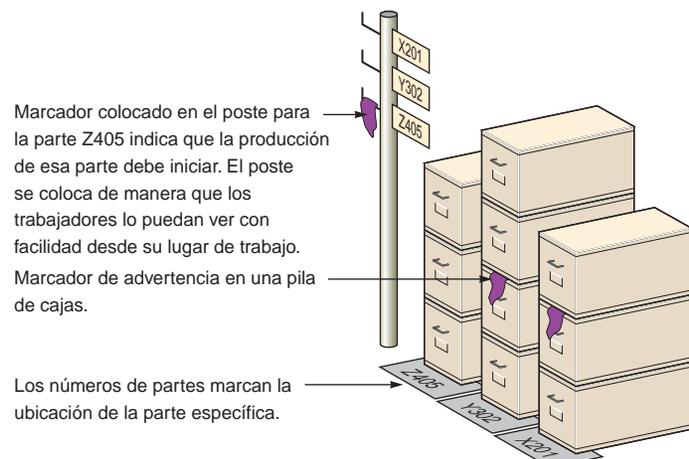
Cuando existe un contacto visual entre el productor y el usuario, el proceso funciona de la siguiente forma:

1. El usuario quita un contenedor de tamaño estándar de un área pequeña de almacenamiento, como se muestra en la figura 12.6.
2. El departamento de producción entiende que la señal del área de almacenamiento es una autorización para reabastecer el departamento o el área de almacenamiento. Como el tamaño del lote es óptimo, el departamento de producción podría hacer varios contenedores de una vez.

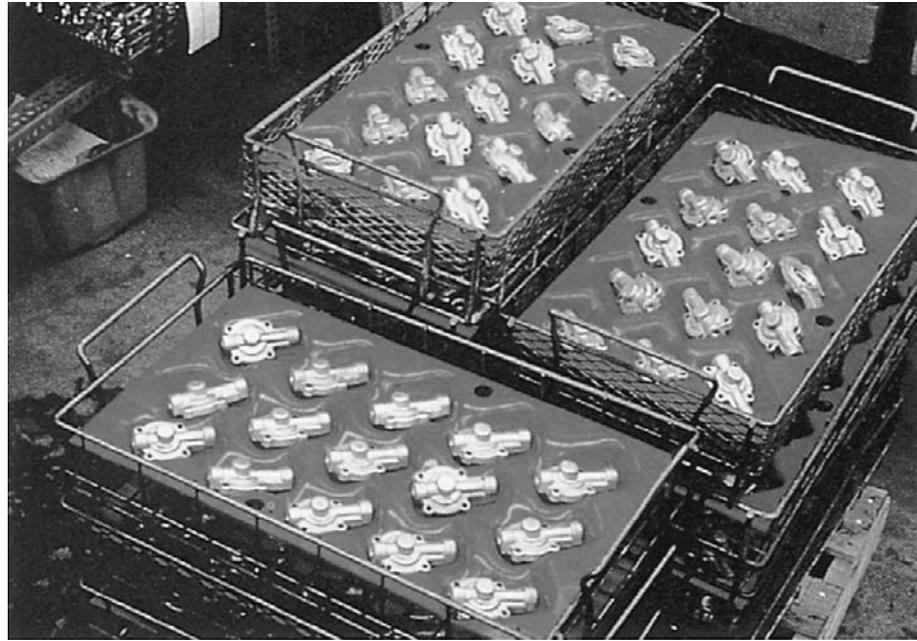
La figura 12.7 muestra el funcionamiento del sistema *kanban* que jala unidades conforme se necesitan en las etapas sucesivas de producción. Este sistema es similar a la forma en que se reabastece un supermercado. El cliente compra; el empleado del almacén observa el anaquel o recibe aviso de la lista de ventas al término del día y reabastece. Cuando los abastos limitados (si los hay) del almacén de la tienda se agotan, se envía una señal de "jalar" al almacén, al distribuidor o al fabricante para reabastecer, normalmente esa misma noche. El factor que complica las cosas en una empresa de manufactura es la necesidad de que, de hecho, tenga lugar la fabricación (producción).

FIGURA 12.6 ■

Diagrama del punto de reabastecimiento con marcador de señales de advertencia al exterior



En Harley-Davidson los contenedores kanban están hechos específicamente para partes individuales, y muchos están acolchonados para proteger el acabado. Estos contenedores desempeñan un papel importante en la reducción del inventario: como son el único lugar para almacenar, sirven de señal para el reabastecimiento de las partes a la línea. Cuando queda vacío, el contenedor se regresa a su célula de origen, indicando al trabajador correspondiente que es necesario producir más piezas.



Se presentan algunos puntos adicionales de los *kanbans* que pueden ser útiles:

- Cuando el productor y el usuario no tienen contacto visual, se podría usar una tarjeta, de lo contrario, sería adecuado usar una luz, un banderín o un espacio vacío en el piso.
- Como la estación que jala puede requerir el reabasto de varios componentes, podríamos usar varias técnicas *kanban* para jalar distintos productos a la misma estación.
- Normalmente, cada tarjeta controla una cantidad o parte específica, aunque se usen sistemas de muchas tarjetas cuando la célula de trabajo fabrica varios componentes o cuando el tamaño de los lotes es diferente del tamaño del movimiento.

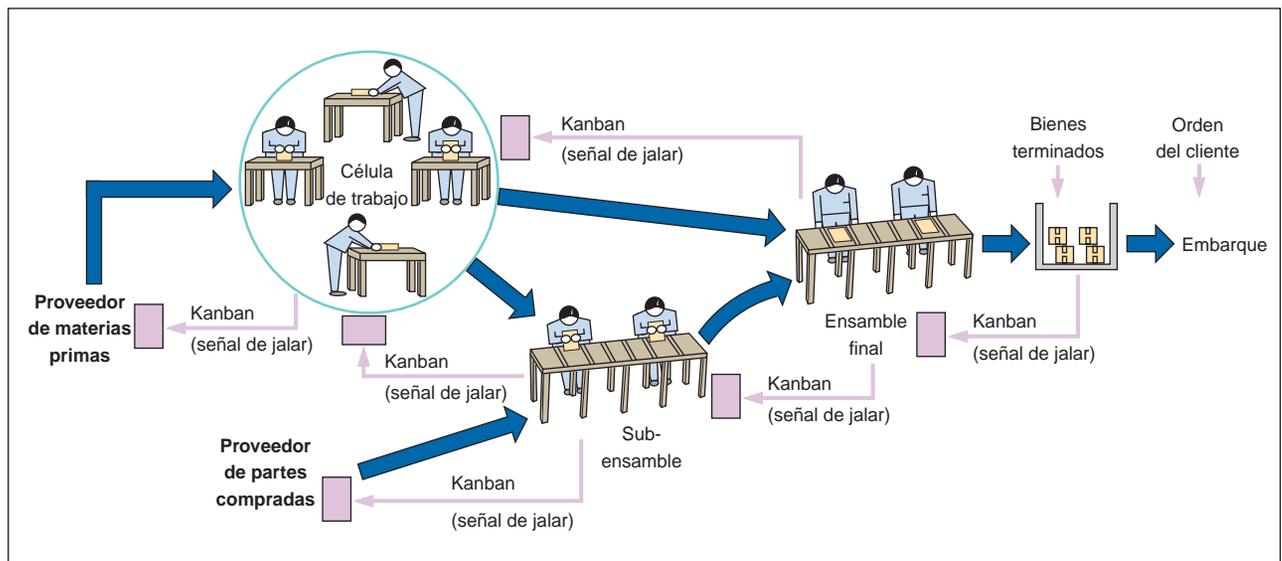


FIGURA 12.7 ■ Las señales del kanban “jalan” el material por el proceso de producción

Cuando un cliente “jala” un pedido de bienes terminados, se envía una señal (tarjeta) al área del ensamble final. Ésta produce bienes terminados y los repone. Cuando el área de ensamble final necesita más componentes, envía una señal a sus proveedores, un área de subensamble y una célula de trabajo. Estas áreas abastecen el ensamble final. A su vez, la célula de trabajo envía una señal al proveedor de materias primas, y el área de subensamble avisa a la célula de trabajo y al proveedor de partes compradas que hay un requerimiento.

- En un sistema MRP (véase el capítulo 11), se piensa que el programa es una autorización para “construir” y que el *kanban* es un tipo de sistema que “jala” e inicia la producción real.
- Las tarjetas *kanban* proporcionan un control directo (límite) de la cantidad de material en proceso entre las células.
- Si hay un área de almacenamiento inmediata, se emplea un sistema de dos tarjetas; una circula entre el usuario y el área de almacenamiento y la otra entre el área de almacenamiento y el área de producción.

Determinación de la cantidad de tarjetas o contenedores *kanban* En un sistema JIT, el número de tarjetas o contenedores *kanban* establece el volumen del inventario autorizado. Para determinar la cantidad de contenedores que van y vienen entre el área de uso y las áreas de producción, la administración establece primero el tamaño de cada contenedor, calculando el tamaño del lote mediante un modelo, como el del lote económico de producción (analizado en el capítulo 10 y en la ecuación [12-1] de la página 603). Para establecer la cantidad de contenedores se deben conocer **1.** el tiempo de espera necesario para producir un contenedor de partes y **2.** el volumen del inventario de seguridad necesario para cubrir la variabilidad o la incertidumbre en el sistema. El cálculo del número de tarjetas *kanban* es el siguiente:

$$\text{Número de *kanbans* (contenedores)} = \frac{\text{Demanda durante el tiempo de espera} + \text{inventario de seguridad}}{\text{Tamaño del contenedor}}$$

El ejemplo 2 ilustra cómo calcular el número de *kanbans* necesarios.

Ejemplo 2

Hobbs Bakery produce corridas cortas de pasteles que envía a supermercados. El dueño, Ken Hobbs, quiere reducir su inventario implantando un sistema *kanban*. Para ello preparó los siguientes datos y desea que usted termine el proyecto y le diga la cantidad de *kanbans* (contenedores) que necesita.

Demanda diaria = 500 pasteles

Tiempo de entrega de producción = 2 días

Inventario de seguridad = $\frac{1}{2}$ día

Tamaño de contenedor (determinado según el tamaño del lote económico EOQ) = 250 pasteles

Solución

Demanda durante el tiempo de entrega (= tiempo de entrega \times demanda diaria = 2 días \times 500 pasteles =) 1,000

Inventario de seguridad = 250

Cantidad de *kanbans* (contenedores) necesarios =

$$\frac{\text{Demanda durante el tiempo de entrega} + \text{inventario de seguridad}}{\text{Tamaño del contenedor}} = \frac{1,000 + 250}{250} = 5$$

Ventajas del *kanban* Los contenedores por lo general son muy pequeños, normalmente lo que corresponde a unas cuantas horas de producción. Este tipo de sistema requiere una programación estricta. Deben producirse cantidades pequeñas varias veces al día. El proceso debe funcionar sin problemas, con muy poca variación en la calidad del tiempo de entrega porque un faltante tiene un efecto casi inmediato en todo el sistema. El sistema *kanban* destaca de manera especial el cumplimiento de los programas, la reducción del tiempo y el costo requerido para la preparación de las máquinas y el manejo económico de los materiales.

Bien sea que se llame *kanban* o de otra forma, son muchas las ventajas de un inventario pequeño y de jalar el material en la planta sólo cuando se necesita. Por ejemplo, los lotes pequeños sólo permiten una cantidad muy limitada de material defectuoso o atrasado. Los problemas resultan evidentes enseguida. Muchos aspectos del inventario son negativos y sólo un aspecto es positivo: la disponibilidad. Entre los aspectos negativos tenemos mala calidad, obsolescencia, daños, espacio ocupado, activos comprometidos, aumento del seguro, mayor manejo de materiales y aumento de accidentes. Los sistemas *kanban* ayudan a disminuir todos estos aspectos negativos del inventario.

Dentro de la planta, los sistemas *kanban* muchas veces usan contenedores estándar, que se pueden volver a usar y protegen las cantidades específicas que se moverán. Estos contenedores también son deseables en la cadena de suministro. Los contenedores estándar disminuyen los costos de peso y desecho, permiten que se desperdicie menos espacio en los camiones y requieren menos trabajo de empaque, desempaque y preparación de los bienes.

La razón inventario/ventas de los fabricantes fue notablemente más baja durante la recesión pasada que en otras recesiones, en gran parte debido a los inventarios JIT.

La planta de New United Motor Manufacturing (NUMMI) en Fremont, California, fabricante del Corolla de Toyota y el Prizm de GM, es resultado de una sociedad de riesgo compartido entre Toyota y General Motors. La planta se diseñó como una instalación justo a tiempo (JIT). La administración tuvo que mover la torre del depósito de agua para asegurar que las nuevas plataformas de carga facilitaran las llegadas JIT y el movimiento JIT de partes dentro de la planta. En ésta, como en la mayor parte de las instalaciones JIT, también se delega autoridad en los empleados para que puedan detener toda la línea de producción con sólo jalar una cuerda colgante si detectan un problema de calidad.



CALIDAD

La relación entre JIT y la calidad es muy fuerte.⁵ Están relacionados de tres maneras. Primera, JIT disminuye el costo de obtener buena calidad. Este ahorro se debe a que los costos de desperdicio, retrabajo, inversión en inventario y daños están ocultos en el inventario. Un sistema JIT obliga a disminuir el inventario y, por tanto, se producen menos unidades defectuosas y menos unidades que requieren retrabajo. En pocas palabras, así como el inventario *oculta* la mala calidad, JIT la *expone* de inmediato.

Segundo, el JIT mejora la calidad. Como JIT encoge las líneas de espera y el tiempo de entrega, conserva fresca la evidencia de los errores y limita el número de fuentes de error potenciales. De hecho, JIT crea un sistema de pronto aviso de problemas con la calidad, de modo que se producen menos unidades defectuosas y la retroalimentación es inmediata. Esta ventaja se tiene en el interior de la empresa y en los bienes que se reciben de vendedores externos.

Por último, una mejor calidad significa que se necesitan menos amortiguadores y, por lo tanto, existirá un mejor sistema JIT y más fácil de usar. Con frecuencia, el propósito de llevar un inventario es protegerse contra una calidad poco confiable. Si existe una calidad estable, entonces JIT permite a las empresas reducir todos los costos ligados al inventario. La tabla 12.6 sugiere algunos requerimientos para la calidad en un entorno JIT.

TABLA 12.6 ■
Tácticas JIT para la calidad

| |
|--|
| Usar control estadístico de procesos |
| Delegar autoridad en los empleados |
| Crear métodos a prueba de fallas (poka-yoke, listas de verificación, etcétera) |
| Proporcionar retroalimentación inmediata |

DELEGACIÓN DE AUTORIDAD EN LOS EMPLEADOS

Si bien algunas técnicas JIT requieren decisiones de políticas y estrategias, muchas forman parte del límite de autoridad delegada en los empleados. Los empleados con más autoridad pueden hacer que su participación tenga que ver con la mayor parte de los asuntos de la operación diaria que conforman la filosofía justo a tiempo. Esto significa que las tareas que tradicionalmente se han asignado al personal administrativo ahora se transfieren a los empleados en quienes se ha delegado autoridad.

El hecho de delegar autoridad en los empleados responde a la máxima administración que dice que nadie conoce mejor una tarea que la persona que la realiza. Las empresas no sólo deben dar capacitación y capacitación cruzada, también aprovechar plenamente esa inversión enriqueciendo el trabajo.⁶ Las empresas, con ayuda de una capacitación cruzada intensa y menos clasificaciones del trabajo, pueden involucrar las capacidades mentales y físicas de los empleados en el reto de mejorar el lugar de trabajo.

La filosofía JIT de mejora continua ofrece a los trabajadores la oportunidad de enriquecer su empleo y su vida. Cuando la delegación de autoridad se maneja con éxito, las compañías ganan debido al compromiso y respeto recíprocos entre los empleados y la administración.

PRODUCCIÓN ESBELTA

Podemos decir que la producción esbelta es el resultado final de una función de AO bien manejada. La diferencia central entre JIT y la producción esbelta es que JIT es una filosofía de mejora continua enfocada *al interior*, mientras que la producción esbelta inicia *en el exterior*, con un enfoque en el cliente. Entender lo que el cliente quiere y garantizar que lo reciba, y asegurar su retroalimentación, son los puntos de partida

⁵Encontrará un análisis relacionado en Barbara B. Flynn, Sadao Sakakibara y Roger G. Schroeder, "Relationship Between JIT and TQM: Practices and Performance", *Academy of Management Journal* 38, núm. 5 (1995): 1325-1360.

⁶Richard J. Schonberger, "Human Resource Management Lessons from a Decade of Total Quality Management and Reengineering", *California Management Review* (verano de 1994): 109-123.

AO EN ACCIÓN

La producción esbelta de Dell

La planta de ensamble de computadoras de Dell, en Austin, Texas, con una superficie de 200,000 pies cuadrados, es una vitrina de producción eficiente. Las prácticas de JIT y producción esbelta de Dell permitieron que la empresa eliminara 500 millones de dólares en costos de producción el año pasado. Tanto los proveedores de Dell como el personal interno de compras evalúan los inventarios hora por hora, para mantener el material en proceso (WIP) en un mínimo. Equipos de seis personas arman 18 computadoras por hora, con partes que llegan en bandas colgantes. Si la célula tiene un problema, las partes se desvían de inmediato a otra célula evitando las interrupciones normales en las líneas de ensamble tradicionales.

Las prácticas de Dell de producción esbelta empiezan con una retroalimentación rápida del cliente. Dado su modelo de ventas directas, Dell es la primera en conocer los cambios que ocurren en su mercado. Dell ha tenido tanto éxito con la producción esbelta y el conocimiento del cliente, que en el transcurso de los últimos dos años la producción aumentó un tercio. En este mismo plazo, las prácticas de producción esbelta redujeron a la mitad el espacio de producción. Ahora

están probando robots para ahorrar unos segundos en el tiempo requerido para empacar las computadoras en las cajas. Se ahorran otros segundos combinando la descarga de software y las pruebas de las computadoras en un solo paso. Dell mantiene el diseño del producto en revisión constante, simplificando los componentes, acelerando el ensamble y ahorrando incluso más segundos. El tiempo ahorrado mejora el rendimiento, aumenta la capacidad y contribuye a la flexibilidad del proceso de producción. El aumento en la entrada-salida, la capacidad y la flexibilidad permite que Dell responda a los cambios frecuentes y repentinos en la demanda que caracterizan el mercado de las PC.

La empresa triplicó la producción por pie cuadrado en los últimos cinco años y espera volver a triplicarla en los próximos cinco. Su fama es tanta que su director ejecutivo, Michael Dell, está asesorando a la industria automovilística de Estados Unidos en las técnicas de la producción esbelta. El modelo de Dell de producción esbelta está mostrando el camino.

Fuentes: *Forbes* (10 de junio de 2002): 110, e *Infotech Update* (julio-agosto de 2001): 6.

Sistema de producción de Toyota (SPT)

El SPT desarrollado por Toyota Motor Company, precursora de los conceptos de producción esbelta, destaca el aprendizaje de los empleados y la delegación de autoridad en ellos.

de la producción esbelta. Esta producción significa identificar el valor para el cliente mediante el análisis de todas las actividades requeridas para fabricar el producto y después optimizar el proceso completo desde el punto de vista del cliente. El administrador descubre qué crea valor para el cliente y qué no.

La producción esbelta, que a veces recibe el nombre de **sistema de producción de Toyota (SPT)** junto con Eiji Toyoda y Taiichi Ohno de Toyota Motor Company tienen el crédito de este enfoque y sus innovaciones.⁷ Si existe alguna diferencia entre JIT, producción esbelta y el SPT es que JIT hace hincapié en la mejora continua; la producción esbelta en entender al cliente y el SPT en que los empleados aprendan y tengan autoridad en el entorno de la línea de ensamble. En la práctica, hay poca diferencia y los términos con frecuencia se emplean indistintamente.

La transición a la producción esbelta es difícil. Es todo un reto crear una cultura organizacional donde el aprendizaje y la mejora continua son la norma. No obstante, encontramos que las organizaciones que se concentran en los sistemas JIT, en la calidad y en delegar autoridad en los empleados con frecuencia son productores esbeltos. Estas empresas eliminan las actividades que no agregan valor a los ojos del cliente; incluyen a líderes como Toyota, United Parcel Service y Dell Computer. El recuadro *AO en acción* “la producción esbelta de Dell” aborda el desempeño excepcional de la compañía. Las empresas con producción esbelta adoptan la filosofía de minimizar el desperdicio luchando por lograr la perfección mediante el aprendizaje continuo, la creatividad y el trabajo en equipo. El éxito requiere el compromiso y la participación plena de todos los empleados y proveedores de la compañía. Las recompensas cosechadas por los productores esbeltos son espectaculares. Los productores esbeltos a menudo se convierten en puntos de comparación o *benchmarks*. Estas compañías comparten los atributos siguientes:

- *Usan técnicas justo a tiempo* para eliminar prácticamente todo el inventario.
- *Crean sistemas que ayudan a los empleados* a producir una parte perfecta todas las veces.
- *Reducen los requerimientos de espacio* al minimizar la distancia que recorre una parte.
- *Desarrollan relaciones estrechas con los proveedores* ayudándoles a entender sus necesidades y las de sus clientes.
- *Enseñan a los proveedores* a aceptar su responsabilidad de ayudar a satisfacer las necesidades de los clientes.
- *Eliminan todas las actividades que no agregan valor.* El manejo de materiales, la inspección, el inventario y el retrabajo se cuentan entre las metas posibles porque no agregan valor al producto.
- *Desarrollan la fuerza de trabajo* mejorando constantemente el diseño del trabajo, la capacitación, la participación y el compromiso de los empleados, y el trabajo en equipo.
- *Hacen que los trabajos sean más estimulantes* llevando la responsabilidad al nivel más bajo posible.
- *Disminuyen el número de categorías de trabajo* y aumentan la flexibilidad de los trabajadores.

⁷Eiji Toyoda pertenecía a la familia que fundó Toyota Motor Company y Taiichi Ohno era gerente de producción.

Los productores esbeltos centran su atención en la perfección: cero partes defectuosas, ningún inventario y sólo actividades que agregan valor. Los productores tradicionales tienen metas limitadas y aceptan, por ejemplo, la producción de algunas partes defectuosas y tener algo de inventario.

JIT EN LOS SERVICIOS

Todas las técnicas JIT para manejar a los proveedores, la distribución física, el inventario y la programación también se usan en los servicios.

Proveedores Como hemos visto, casi todos los restaurantes negocian con sus proveedores con base en JIT. Los que no lo hacen suelen fracasar. El desperdicio es demasiado evidente: la comida se echa a perder y los clientes se quejan.

Distribución La distribución física JIT es necesaria en las cocinas de restaurantes, donde la comida fría se debe servir fría y la caliente, bien caliente. Por ejemplo, McDonald's reconfiguró la distribución de su cocina con un alto costo (véase el *Perfil global de la compañía* del capítulo 6) para eliminar segundos de su proceso de producción, acelerando con ello la entrega a los clientes. Con el nuevo proceso, McDonald's produce hamburguesas por pedido en 45 segundos. La distribución física también marca una diferencia en la sala para recoger el equipaje de las líneas aéreas, donde los clientes esperan sus maletas justo a tiempo.

Inventario Todo corredor de bolsa baja el inventario prácticamente a cero. La mayor parte de las órdenes para comprar o vender ocurren justo a tiempo porque una compra o venta no realizada no es aceptable para los clientes. De manera similar, McDonald's mantiene un inventario de bienes terminados de sólo 10 minutos, después lo tira a la basura. Los hospitales también son partidarios del inventario JIT e inventario de seguridad bajo, aún en el caso de suministros tan delicados como medicamentos, desarrollando redes de respaldo en la comunidad. De esta manera, si un medicamento se agota en una farmacia, otro miembro de la red lo proporcionará mientras llega el embarque del día siguiente.⁸

Programación En los mostradores de boletos de las líneas aéreas, el enfoque del sistema JIT es la demanda de los clientes, pero en lugar de cumplirla con el inventario de un producto tangible, debe satisfacerse con personal. Mediante una programación elaborada, el personal de mostrador de las líneas aéreas se presenta a trabajar justo a tiempo para satisfacer la demanda de los clientes y proporciona un servicio JIT. En otras palabras, se programa al personal en lugar de a los "artículos" del inventario. La programación del personal es decisiva. En un salón de belleza el enfoque es ligeramente diferente, se programa al cliente para asegurar un servicio JIT. De igual manera, en McDonald's, como en casi todos los restaurantes de comida rápida, la programación del personal se reduce a incrementos de 15 minutos, basados en el pronóstico exacto de la demanda. Además, se producen lotes pequeños para garantizar que las hamburguesas recién hechas y calientes se entreguen justo a tiempo. En resumen, tanto el personal como la producción se programan según JIT para satisfacer una demanda específica.

JIT adopta una forma singular en el quirófano. Baxter International, como muchos otros proveedores de hospitales, proporciona materiales quirúrgicos a los hospitales con entregas JIT. Por un lado, entrega materiales quirúrgicos empacados de acuerdo con el programa de cirugías del hospital, por otro entrega paquetes quirúrgicos preparados para que estén disponibles en la secuencia en que se usan en la cirugía.



⁸Daniel Whitson, "Applying Just-in-Time Systems in Health Care", *Industrial Engineering Solutions* (agosto de 1997): 33-37.

En un hospital con sistema JIT, los proveedores entregan los materiales listos para usarse directamente a las áreas de almacenamiento, las estaciones de enfermeras y los quirófanos. Sólo se mantienen reservas para 24 horas.

Observe que en estos tres ejemplos —el mostrador de la línea aérea, el salón de belleza y McDonald's— la programación es un factor clave de un sistema JIT efectivo. Pronósticos excelentes guían esa programación. Los pronósticos llegan a ser muy elaborados e incluir componentes estacionales, diarios, o incluso por hora como en el mostrador de una línea aérea (ventas en vacaciones, horarios de vuelos, etc.); componentes estacionales y semanales en el salón de belleza (los días festivos y los viernes generan problemas especiales); o de sólo unos minutos en McDonald's.

Para entregar bienes y servicios a los clientes con una demanda constantemente cambiante, los proveedores deben ser confiables, los inventarios esbeltos, los tiempos de ciclo cortos y los programas ágiles. En la actualidad, muchas empresas manejan estos asuntos con mucho éxito, independientemente de sus productos. Tanto las empresas que producen bienes, como las que prestan servicios usan ampliamente las técnicas JIT, sólo se ven diferentes.

RESUMEN

Tanto JIT como la producción esbelta son filosofías de mejora continua. La producción esbelta empieza con un enfoque en los deseos del cliente, pero los dos conceptos se concentran en eliminar todo desperdicio del proceso de producción. Como todo aquello que no agrega valor es un desperdicio, las organizaciones JIT y esbeltas están agregando valor en forma más eficiente que otras empresas. El desperdicio se presenta cuando se producen defectos dentro del proceso de producción o por los proveedores externos. La producción JIT y esbelta combaten el desperdicio de espacio debido a una distribución que dista de ser óptima, luchan contra el tiempo perdido por una mala programación, atacan el desperdicio de un inventario inactivo, y combaten el desperdicio del mal mantenimiento de máquinas y equipo. La expectativa es que los empleados comprometidos, en quienes se ha delegado autoridad, trabajen con una administración y proveedores comprometidos para crear sistemas que respondan a los clientes con un costo cada vez más bajo y una calidad cada vez más alta.

TÉRMINOS CLAVE

Justo a tiempo (JIT)
Producción esbelta
Variabilidad
Sistema de jalar
Tiempo del ciclo de manufactura
Sistema de empujar

Sociedades JIT
Inventario a consignación
Inventario justo a tiempo
Programas nivelados
Kanban
Sistema de producción de Toyota (SPT)

PROBLEMA RESUELTO

Problema resuelto 12.1

Krupp Refrigeration, Inc., está tratando de reducir su inventario y desea que usted instale un sistema *kanban* para las compresoras de una de sus líneas de ensamble. Determine el tamaño del *kanban* y el número de *kanbans* (contenedores) necesarios.

Costo de instalación = \$10

Costo anual de mantener por compresora = \$100

Producción diaria = 200 compresoras

Uso anual = 25,000 (50 semanas × 5 días cada una
× uso diario de 100 compresoras)

Tiempo de entrega = 3 días

Inventario de seguridad = compresoras de $\frac{1}{2}$ día de producción

SOLUCIÓN

Primero, debemos determinar el tamaño del contenedor *kanban*. Para ello, determinamos el tamaño del lote de producción (véase el análisis del capítulo 10 o la ecuación [12-1]) que determina el tamaño del *kanban*:

$$Q_p = \sqrt{\frac{2DS}{H\left(1 - \frac{d}{p}\right)}} = \sqrt{\frac{2(25,000)(10)}{H\left(1 - \frac{d}{p}\right)}} = \sqrt{\frac{500,000}{100\left(1 - \frac{100}{200}\right)}} = \sqrt{\frac{500,000}{50}}$$

$$= \sqrt{10,000} = 100 \text{ compresoras}$$

Después se determina el número de *kanbans*:

$$\text{Demanda durante tiempo de entrega} = 300 (= 3 \text{ días} \times \text{uso diario de } 100)$$

$$\text{Inventario de seguridad} = 100 (= \frac{1}{2} \text{ día de producción} \times 200)$$

$$\begin{aligned} \text{Número de kanbans} &= \frac{\text{Demanda del tiempo de entrega} + \text{inventario de seguridad}}{\text{Tamaño del contenedor}} \\ &= \frac{300 + 100}{100} = \frac{400}{100} = 4 \text{ contenedores} \end{aligned}$$

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Qué es JIT?
2. ¿Qué significa “producción esbelta”?
3. ¿Qué es programación nivelada?
4. En este capítulo señalamos algunas metas de las sociedades JIT. ¿Cuál sería la más difícil de cumplir?
5. JIT trata de eliminar demoras que no agregan valor. ¿Cómo maneja JIT el clima y su impacto en las cosechas y los tiempos de transporte?
6. Señale tres formas en que se relacionan JIT y la calidad.
7. ¿Cómo contribuye JIT a la ventaja competitiva?
8. ¿Cuáles son las características de las sociedades justo a tiempo respecto a los proveedores?
9. Explique por qué la palabra japonesa *tarjeta* se aplica en el estudio de JIT.
10. Los contenedores estándar, reusables tienen beneficios evidentes a la hora del embarque. ¿Qué propósito tienen estos dispositivos dentro de la planta?
11. ¿Funciona realmente el JIT en el sector de servicios? Mencione un ejemplo.
12. ¿Qué técnicas funcionan tanto en el sector de manufactura como en el de servicios?

PROBLEMAS*

- 12.1 Leblanc Electronics, Inc., en Nashville, produce corridas cortas de escáneres de ondas aéreas personalizados, para la industria de la defensa. Lerry Leblanc, el dueño, le pide que disminuya el inventario con la implantación de un sistema *kanban*. Después de varias horas de análisis, prepara los siguientes datos de conectores de escáner que se usan en una célula de trabajo. ¿Cuántos *kanbans* necesita para este conector?

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| Demanda diaria | 1,000 conexiones |
| Demanda del tiempo de entrega | 2 días |
| Inventario de seguridad | $\frac{1}{2}$ día |
| Tamaño del <i>kanban</i> | 500 conectores |

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; que se resuelve con Excel OM; y que se resuelve el problema con POM para Windows o con Excel OM.

- 12.2 La compañía de Chip Gillikin quiere establecer *kanbans* que alimenten una célula de trabajo recién establecida. Se tienen los siguientes datos. ¿Cuántos *kanbans* se necesitan?

| | |
|---------------------------------|----------------------|
| Demanda diaria | 250 unidades |
| Tiempo de entrega de producción | $\frac{1}{2}$ día |
| Inventario de seguridad | $\frac{1}{4}$ de día |
| Tamaño del <i>kanban</i> | 50 unidades |

-  12.3 Mark Sibra Manufacturing, Inc., adoptó los *kanbans* para apoyar sus líneas de ensamble de tableros telefónicos. Determine el tamaño del *kanban* para los subsensibles y el número de *kanbans* que se necesitan.

Costo de preparación = \$30

Costo anual de mantener subsensibles = \$120 por subsensible

Producción diaria = 20 subsensibles

Uso anual = 2,500 (50 semanas \times 5 días cada una \times uso diario de 10 subsensibles)

Tiempo de entrega = 16 días

Inventario de seguridad = subsensibles producidos en 4 días

-  12.4 John Alexrod Motorcycle Corp., usa *kanbans* para apoyar su línea de ensamble de ejes de transmisión. Determine el tamaño del *kanban* para el ensamble de ejes y el número de *kanbans* que necesita.

Costo de preparación = \$20

Costo anual de mantener el ensamble = \$250 por unidad

Producción diaria = 300 ejes

Uso anual = 20,000 (= 50 semanas \times 5 días cada una \times uso diario de 80 ejes)

Tiempo de entrega = 3 días

Inventario de seguridad = ejes producidos en $\frac{1}{2}$ día

-  12.5 Discount-Mart, un minorista importante de la costa este de Estados Unidos, desea determinar el lote económico (véanse las fórmulas de EOQ en el capítulo 10) para sus faros de halógeno. En la actualidad, compra los faros de halógeno a Specialty Lighting Manufacturers, en Atlanta. La demanda anual es 2,000 faros, el costo de ordenar es \$30 por pedido y el costo de manejar inventario es \$12 por faro.

- ¿Cuál es el EOQ?
- ¿Cuál es el costo total anual de mantener y ordenar?
- ¿Cuántas órdenes debe colocar al año Discount-Mart en Specialty Lighting?

-  12.6 Retome el problema 12.5. Como parte de su nuevo programa JIT, Discount-Mart firmó un contrato de largo plazo con Specialty Lighting y colocará órdenes electrónicas para los faros de halógeno. Los costos de ordenar bajarán a \$.50 por orden, pero Discount-Mart también ha evaluado de nuevo sus costos de manejo de inventario y los ha subido a \$20 por faro.

- ¿Cuál es el nuevo lote económico?
- ¿Cuántas órdenes colocará ahora?
- ¿Cuál es el costo total anual con esta política?

- 12.7 ¿De qué manera sus respuestas a los problemas 12.5 y 12.6 dan un panorama de una estrategia de compras JIT?

- 12.8 Bill Penny tiene una planta de fabricación repetitiva que produce enganches para remolques en Arlington, Texas. La rotación promedio del inventario de la planta es sólo 12 veces por año, por lo tanto, determinó que reduciría el tamaño de los lotes de componentes. Preparó los siguientes datos para un componente, un gancho de seguridad de la cadena:

Demanda anual = 31,200 unidades

Demanda diaria = 120 unidades

Producción diaria = 960 unidades

Tamaño deseado del lote (1 hora de producción) = 120 unidades

Costo anual de mantener por unidad = \$12

Costo de mano de obra de preparación por hora = \$20

¿Cuántos minutos de tiempo de preparación debe pedir a su gerente de planta?

: 12.9 Dada la siguiente información acerca de un producto de la Phyllis Simon, ¿cuál es el tiempo de preparación adecuado?

Demanda anual = 39,000 unidades
 Demanda diaria = 150 unidades
 Producción diaria = 1,000 unidades
 Tamaño de lote deseado (1 hora de producción) = 150 unidades
 Costo de mantener por unidad por año = \$10
 Costo de mano de obra de preparación por hora = \$40

: 12.10 Rick Wing tiene una planta de manufactura repetitiva que produce volantes de automóvil. Use los siguientes datos para preparar con lotes de tamaño pequeño. El año laboral que maneja la empresa tiene 305 días.

| | |
|--|--------|
| Demanda anual de volantes | 30,500 |
| Demanda diaria | 100 |
| Producción diaria | 800 |
| Tamaño de lote deseado (producción de 2 horas) | 200 |
| Costo de mantener por unidad por año | \$10 |

- a) Con base en el tamaño deseado del lote, ¿cuál es el costo de preparación?
- b) Con base en \$40 por hora de mano de obra para preparación, ¿cuál es el tiempo de preparación?



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: 16.11 y 16.12.

CASO DE ESTUDIO

Mutual Insurance Company de Iowa

Mutual Insurance Company de Iowa (MICI) tiene un edificio principal ubicado en Des Moines, Iowa. Las oficinas de Des Moines son responsables de procesar las reclamaciones de seguros MICI de todo el país. Las ventas de la compañía registraron un rápido crecimiento el año pasado y, como era de esperarse, aumentaron los niveles de reclamaciones. En la actualidad, entran a la oficina todos los días más de 2,500 solicitudes de reclamación para su trámite. Por desgracia, salen menos de 2,500 formas por día. El tiempo total para procesar una reclamación, desde el momento en que llega hasta que se envía un cheque, pasó de 10 días a 10 semanas. En consecuencia, algunos clientes han amenazado con tomar medidas legales. Sally Cook, gerente de Procesamiento de Reclamaciones, está bastante preocupada, porque sabe que una reclamación rara vez toma más de 3 horas de trabajo real. Dados los procedimientos administrativos actuales, las limitaciones de recursos humanos y las limitantes de las instalaciones, parece que no será fácil resolver el problema. Sin embargo, es evidente que algo debe hacerse, pues la carga de trabajo ha rebasado al sistema actual.

La gerencia de MICI quiere tomar medidas drásticas, pero económicas, para arreglar el problema. La señora Cook decidió probar un enfoque JIT para el trámite de reclamaciones. Con el apoyo de sus jefes y, como remedio temporal, Cook contrató personal por horas de las divisiones de ventas de MICI de todo el país. Ese personal debe reducir las reclamaciones atrasadas acumuladas mientras se instala un nuevo sistema JIT.

Mientras tanto, habrá que capacitar a gerentes y empleados de procesamiento de reclamaciones en los principios de JIT. Con estos principios en mente, los gerentes rediseñarán los puestos para trasladar la responsabilidad de las actividades del control de calidad a cada empleado, haciéndolos res-

ponsables de un trabajo de calidad y de las correcciones necesarias. Cook también iniciará programas de capacitación de empleados, para explicarles el flujo completo del proceso de reclamaciones y les dará una capacitación integral sobre cada paso del proceso. Los empleados y los administradores también desarrollarán habilidades para introducir los datos en las computadoras, en un esfuerzo por fijar en ellos la responsabilidad de la exactitud de los datos que ingresan al procesador y no en los oficinistas que los capturan. Además, se hará hincapié en la capacitación cruzada, con el propósito de que los trabajadores de los departamentos procesen completamente todos los tipos de solicitudes de los clientes.

Cook y sus supervisores también estudian las formas de seguros y reclamaciones que se usan actualmente. Quieren averiguar si la estandarización de los formatos podría reducir el tiempo de procesamiento, el tiempo de captura de datos y el material en proceso.

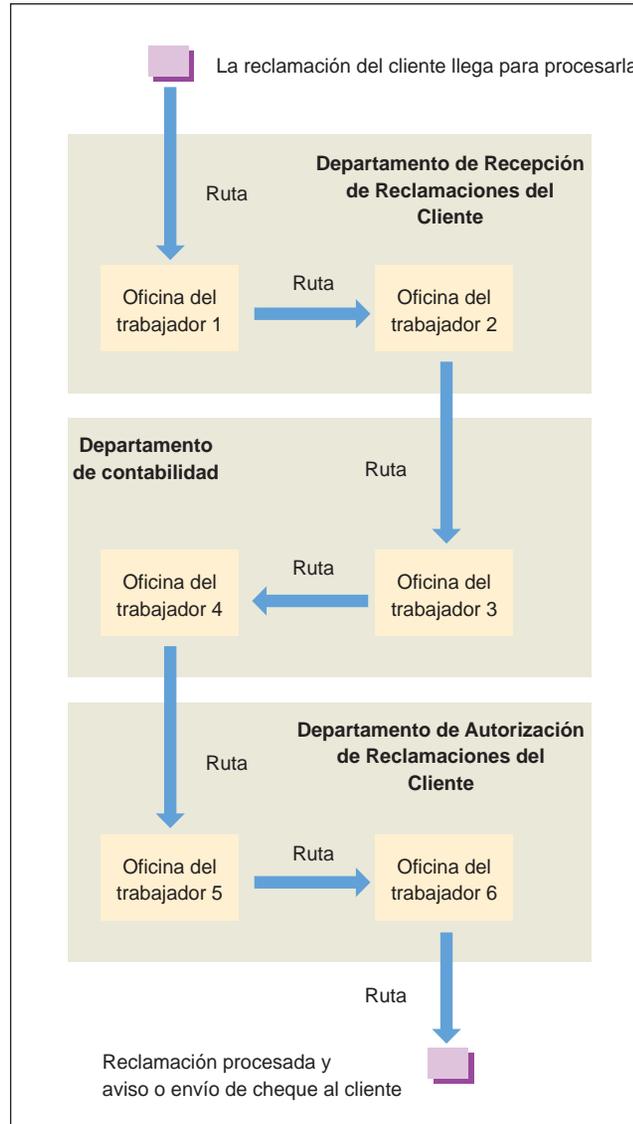
Esperan que los cambios también ahorren tiempo de capacitación. Por lógica, los cambios en los métodos de trabajo y en las habilidades de los trabajadores llevan a la necesidad de cambiar la distribución física del Departamento de Procesamiento de Reclamaciones. Este posible cambio representa un movimiento importante en la distribución anterior y será un paso costoso. Para ayudar a asegurar el éxito en la implantación de esta fase del cambio, Cook formó un equipo compuesto por supervisores, empleados y un asesor externo especializado en distribución física de oficinas. También pidió al equipo que visitara la planta de motocicletas Kawasaki, en Lincoln, Nebraska, para observar cómo usan las células de trabajo que apoyan a JIT.

El equipo llegó a la conclusión de que es necesario un cambio en las instalaciones de la oficina para implantar e integrar con éxito los conceptos JIT en MICI.

(continúa)

FIGURA 12.8 ■

Distribución del Departamento de Procesamiento de Reclamaciones



El equipo piensa que debería revisar la distribución de la operación y los métodos de trabajo para ajustarlos a la distribución de “célula de tecnología de grupos”. La figura 12.8 contiene un ejemplo de la distribución física actual del departamento y del patrón del flujo para procesar las reclamaciones. Como se observa, las reclamaciones de los clientes llegan a las instalaciones y fluyen por una serie de oficinas y departamentos para, finalmente, terminar el proceso de reclamación. Si bien el arreglo de oficinas y trabajadores en la figura 12.8 es típico, toda la instalación opera, de hecho, 20 flujos adicionales, cada uno consistente en los mismos tres departamentos. Sin embargo, no todos estos flujos están configurados igual. Por ejemplo, el número de empleados varía dependiendo de los requerimientos del formato de reclamación (las reclamaciones por montos más grandes tienen que autorizarlas más personas). Así, aun cuando todos los formatos pasan por estos tres departamentos (Ingreso de Reclamaciones del Cliente, Contabilidad y Autorización de Reclamaciones del Cliente), el número de trabajadores para cada reclamación puede variar entre dos y cuatro. En consecuencia, las oficinas de MICI cuentan con un equipo de más de 180 empleados de oficina sólo para

procesar y poner en ruta las reclamaciones. Todas estas personas trabajan para la señora Cook.

Preguntas para analizar

1. Identifique los atributos que esperaría que tuviera el Departamento de Procesamiento de Reclamaciones de MICI cuando esté en marcha el nuevo sistema JIT.
2. ¿Cómo se vería la distribución física reestructurada en células para procesar las reclamaciones de la figura 12.8? Elabore un esquema.
3. ¿Qué suposiciones hizo respecto al personal y el equipo en la nueva distribución de las células de tecnología de grupos?
4. ¿Cómo beneficiará las operaciones de MICI el nuevo sistema orientado a JIT? Explique su respuesta.

Fuente: Adaptado de Marc J. Schniederjans. *Topics in Just-in-Time Management*, 283-285. Reproducido con autorización de Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

CASO DE ESTUDIO

JIT después del incendio

Toyota Motor Company, empresa de fama mundial, tiene presencia en todo el mundo, y tan sólo en América del Norte la inversión de Toyota en 10 plantas de manufactura excede los 12,000 millones de dólares. Toyota está a la cabeza de las empresas de producción esbelta y es un escaparate del JIT. Ejecutivos de todo el mundo viajan a Toyota para ver cómo funciona JIT.

Sin embargo, la mañana de un sábado de febrero, un incendio consumió la enorme planta de Aisin Seiki en Kariya, Japón. El fuego calcinó la fuente principal de válvulas de frenos, artículo crucial que Toyota compra a Aisin y que usa en casi todos sus autos. Desde hacía mucho tiempo, Aisin era el proveedor de estas válvulas que reparten el líquido de frenos (válvulas P), entregando a Toyota 99% de las válvulas que requiere. Alrededor de 80% de la producción total de Aisin es para Toyota. Cuando se dispersó el humo, la magnitud del desastre fue clara: la mayor parte de las 506 máquinas especiales usadas para fabricar las válvulas P estaban inservibles. Unas cuantas podrían repararse en dos semanas, pero la mayor parte tendría que remplazarse y el tiempo de suministro era de seis semanas. Tanto Aisin como Toyota habían estado operando a toda su capacidad.

Congruente con sus prácticas JIT, Toyota sólo manejaba válvulas para 4 horas de producción, y había unas pocas en la red estrechamente tejida de la cadena de suministro de Toyota. Dependier de una sola fuente

te y mantener poco inventario es un riesgo, pero permite que Toyota tenga una producción esbelta y mantenga sus costos bajos. Las plantas de Toyota en Japón producen 14,000 automóviles diarios. Sin esa válvula, la producción se detendría rápidamente. Aún más, los gerentes de producción de Toyota se sintieron desolados al saber que necesitaban 200 variedades de la válvula P.

Dadas las redes *keiretsu* típicas del sector de manufactura en Japón, Toyota es propietaria de 23% de las acciones de Aisin y el presidente de Aisin es Kanshiro Toyoda, de la familia Toyoda que fundó la fábrica de autos. Kosduke Ikebuchi, un director general de administración de Toyota, fue localizado a las 8 A.M. en la casa-club de un campo de golf para darle las malas nuevas.

Preguntas para analizar

1. Si usted fuera el señor Ikebuchi, ¿qué haría?
2. ¿Qué le dice esta experiencia (y a Aisin y Toyota) acerca del sistema justo a tiempo?
3. Si usted hubiera estado a cargo de las entregas JIT de Daimler-Chrysler la mañana del 11 de septiembre de 2001, ¿qué medida habría tomado?

Fuentes: Caso basado en material de *Wall Street Journal* (13 de septiembre de 2001): B3, (8 de mayo de 1997): A1, A5 y (24 de septiembre de 2001): B1, B4; y *Harvard Business Review* (septiembre-octubre de 1999): 97-106.

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Johnson Controls Automotive Systems Group: The Georgetown Kentucky Plant (#693-086):** estudia el reto del JIT con la creciente variación y el cambio de entregas JIT a ensamblajes JIT.
- **Injex Industries (#697-003):** analiza las preocupaciones de un proveedor, pues Injex hace entregas JIT de componentes a un solo cliente muy exigente.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahls, Bill. "Advanced Memory and Lean Change", *IIE Solutions* 33, núm. 1 (enero de 2001): 40-42.
- Drexl, Andreas y Kimms Alf. "Sequencing JIT Mixed-Model Assembly Lines Under Station-Load and Part-Usage Constraints", *Management Science* 47, núm. 3 (marzo de 2001): 480-491.
- Duclos, L.K., S. M. Siha y R. R. Lummus. "JIT in Services: A Review of Current Practices and Future Directions for Research", *International Journal of Services Industry Management* 6, núm. 5 (1995): 36-52.
- Hall, J. D., R. O. Bowden, R. S. Grant y W. H. Handley. "An Optimizer for the Kanban Sizing Problem: A Spreadsheet Application for Whirlpool Corporation", *Production and Inventory Management Journal* 39, núm. 1 (primer trimestre de 1998): 46-50.
- Hobbs, O. K. "Managing JIT Toward Maturity", *Production and Inventory Management Journal* 38, núm. 1 (primer trimestre de 1997): 8-13.
- King, Andrew A. y Michael J. Lenox. "Lean and Green? An Empirical Examination of the Relationship Between Lean Production and Environmental Performance", *Production and Operations Management* 10, núm. 3 (otoño de 2001): 244-256.
- Krupp, James A. G. "Some Thoughts on Implementing Pull Systems", *Production and Inventory Management Journal* (cuarto trimestre de 1999): 35-39.
- Louis, R. S. *How to Implement Kanban for American Industry*. Cambridge, MA: Productivity Press (1992).
- Schniederjans, M. *Topics in Just-in-Time Management*. Boston: Allyn & Bacon (1993).

White, R.E., J. N. Pearson y J. R. Wilson. "JIT Manufacturing: A Survey of Implementations in Small and Large U.S. Manufacturers", *Management Science* 45, núm. 1 (enero de 1999): 1-15.

White, Richard E. y John N. Pearson. "JIT, System Integration and Customer Service", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 31, núm. 5 (2001): 313-333.

Whitson, Daniel. "Applying Just-in-Time Systems in Health Care", *IIE Solutions* 29, núm. 8 (agosto de 1997): 33-37.

Woolsey, R. E. D., R. O. Bowden, J. D. Hall y W. H. Hadley. "A Closed-Form Solution to a Kanban Sizing Problem", *Production and Inventory Management Journal* 40, núm. 1 (primer trimestre de 1999): 1-3.



RECURSOS DE INTERNET

Archivo de estudios abiertos en administración, Reino Unido:

<http://sol.brunel.ac.uk/-jarvis/bola/jit/jit.html>

Resumen de JIT. Curtin University of Technology, Perth, Australia

http://dali.ece.curtin.edu.au:80/-clive/public_html/jit/jit.htm

Kanban: un sistema JIT integrado

<http://www.geocities.com/TimesSquare/1848/japan21.html>

Manufacturing Engineering:

<http://www.mfgeng.com/>

Mid-America Manufacturing Technology Center

<http://www.mamtc.com/>

Administración de la calidad

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: LA ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD PROPORCIONA UNA VENTAJA COMPETITIVA EN MOTOROLA

CALIDAD Y ESTRATEGIA

DEFINICIÓN DE CALIDAD

- Implicaciones de la calidad
- Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige
- Costo de la calidad (COQ)

ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE CALIDAD

- ISO 9000
- ISO 14000

ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

- Mejora continua
- Delegación de autoridad en los empleados
- Punto de comparación
- Justo a tiempo (JIT)
- Conceptos de Taguchi
- Conocimiento de las herramientas de TQM

HERRAMIENTAS DE TQM

- Hojas de verificación
- Diagramas de dispersión
- Diagramas causa y efecto
- Gráficas de Pareto
- Diagramas de flujo

Histogramas

Control estadístico de procesos (SPC)

FUNCIÓN DE LA INSPECCIÓN

- Cuándo y dónde inspeccionar
- Inspección de la fuente
- Inspección en la industria del servicio
- Inspección por atributos contra variables

TQM EN LOS SERVICIOS

- RESUMEN
- TÉRMINOS CLAVE
- EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE
- PREGUNTAS PARA ANALIZAR
- EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO
- EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO
- PROBLEMAS
- PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET
- CASO DE ESTUDIO: SOUTHWESTERN UNIVERSITY: (C)
- CASO DE ESTUDIO EN VIDEO: CALIDAD EN RITZ-CARLTON HOTEL COMPANY
- CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES
- BIBLIOGRAFÍA
- RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

- Calidad
- Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige
- Estándares internacionales de calidad ISO
- Conceptos de Taguchi

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Por qué es importante la calidad
- Administración de la calidad total (TQM)
- Gráficas de Pareto
- Gráficas de proceso
- Productos de calidad robusta
- Inspección
- Las ideas de Deming, Juran y Crosby

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

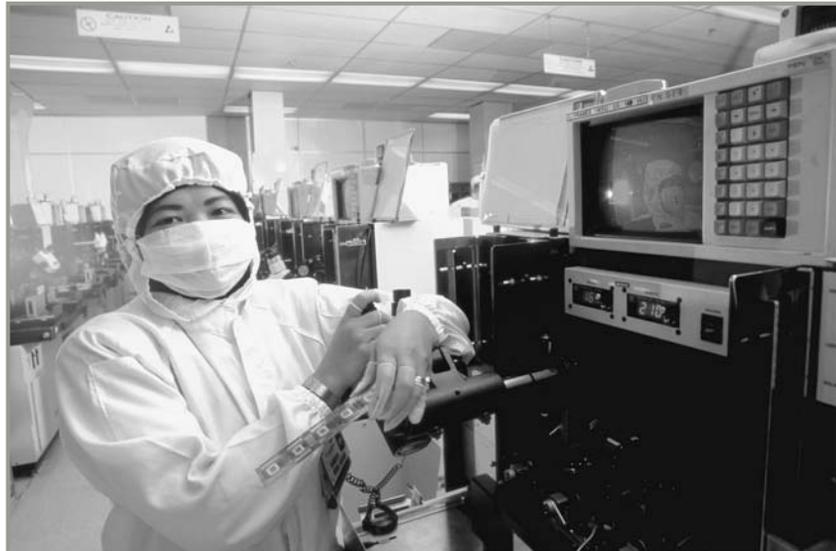
La administración de la calidad proporciona una ventaja competitiva en Motorola

Motorola decidió hace algunos años ser líder mundial en calidad. Sin duda, Motorola es tan buena, que se convirtió en la primera ganadora del Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige. Motorola cree en la administración de la calidad total y la practica desde los niveles altos, en particular desde su presidente honorario Robert Galvin. La empresa logra su notable calidad demostrando el compromiso de sus altos ejecutivos con la calidad y que trasmite a toda la organización global.

Con el propósito de lograr que su enfoque en la calidad funcionara, Motorola realizó una serie de actividades:

- Comenzó un firme programa de educación en el mundo entero para asegurar que sus empleados comprendieran la calidad y el control estadístico de los procesos.
- Estableció metas, a saber, su programa Six Sigma. El programa Six Sigma significa que se espera una tasa de defectos de no más de unas cuantas partes por millón.
- Estableció la participación amplia de los empleados y de los equipos de empleados. Más de 4,000 equipos de "satisfacción total del cliente" de todo el mundo participan motivados por los premios basados en el desempeño de su equipo.

Las divisiones de Motorola esperan una revisión de la calidad en el servicio cada dos años. Se seleccionan cinco equipos con personal de varias partes de la compañía para llevar a cabo la revisión. Después, el administrador general y el personal tienen una sesión con los equipos para analizar los aspectos de la revisión. Se analizan las fortalezas y debilidades y se recomiendan las mejoras que deben realizarse.



Al mismo tiempo que en las instalaciones de prueba acelerada de vida (PAV) de Motorola se ponen a prueba los localizadores en cuanto a condiciones extremas de impactos de temperatura, polvo, agua y vibraciones, también debe ponerse a prueba la capacidad electrónica, como se hace en este caso.



El enérgico compromiso de Motorola con la calidad ha exigido un movimiento igualmente enérgico hacia la capacitación de los empleados, lo que ha llevado a Motorola a la vanguardia en capacitación. En la fotografía los empleados de la planta de Tempe, Arizona, trabajan en una pieza de equipo durante la sesión de capacitación.

MOTOROLA



A causa del fuerte interés de Motorola en la participación de los empleados y la administración de la calidad total, los equipos de empleados a menudo son responsables de evaluar y mejorar sus propios procesos. Este equipo es de Penang, Malasia.

El sistema está funcionando; le da uniformidad y solidez a Motorola. Toda la organización se compromete con las metas corporativas y ésa es una poderosa herra-

mienta de la calidad. Este esfuerzo por la calidad a permitido que Motorola se mueva de 6,000 mil piezas defectuosas por millón hace sólo cinco años a 40 piezas de-

fectuosas por millón en la actualidad. Motorola considera que ahorró 700 millones en costos de manufactura durante estos cinco años.

DIEZ DECISIONES ESTRATÉGICAS DE AO

- Diseño de bienes y servicios
- Administración de la calidad**
- Estrategia de proceso
- Estrategias de localización
- Estrategias de distribución de planta
- Recursos humanos
- Administración de la cadena de suministro
- Administración de inventarios
- Programación
- Mantenimiento

CALIDAD Y ESTRATEGIA

Como lo han comprobado Motorola y muchas otras empresas, la calidad es un tónico maravilloso para mejorar las operaciones. La administración de la calidad ayuda a construir estrategias exitosas de *diferenciación, bajo costo y respuesta rápida*. Por ejemplo, la definición de las expectativas del cliente ha ayudado a Bose Corp. a *diferenciar* exitosamente sus bocinas estéreo entre las mejores del mundo. Nucor aprendió a producir acero de calidad a *bajo costo* al desarrollar procesos de producción eficientes que producen una calidad consistente. Y Dell Computer *responde* con rapidez a los pedidos del cliente porque sus sistemas de calidad, con muy poco retrabajo (volver a trabajar una pieza defectuosa), le han permitido lograr una entrega rápida en sus plantas. Sin duda, la calidad puede ser el factor crítico para el éxito en estas empresas lo mismo que en Motorola.

Como se sugiere en la figura 13.1, las mejoras en la calidad ayudan a que las empresas aumenten sus ventas y reduzcan los costos, estos dos factores ayudan a aumentar la rentabilidad. A menudo el incremento en las ventas ocurre cuando las empresas aceleran su respuesta, reducen los precios de venta al lograr economías de escala y mejoran su reputación si hay calidad en sus productos. De igual forma, la mejora en la calidad permite que los costos bajen cuando las empresas aumentan su productividad y disminuyen el retrabajo, el desperdicio y los costos de garantías.

Un análisis de los fabricantes de aire acondicionado documentó que calidad y productividad se relacionan en forma positiva. En el estudio, las compañías con más alta calidad eran cinco veces más productivas (medidas en unidades producidas por hora de mano de obra) que las compañías con calidad más baja. En realidad, cuando se consideran las implicaciones de los costos a largo plazo y el potencial para aumentar las ventas de una organización, los costos totales bien pueden ser mínimos cuando 100% de los bienes o servicios son perfectos y libres de defectos.

La calidad, o la falta de ella, afecta a toda la organización desde el proveedor hasta el cliente y desde el diseño de producto hasta el mantenimiento. No obstante, y quizá aún más importante, la *construcción* de una organización que logre la calidad también afecta a toda la organización, y es una tarea demandante. En la figura 13.2 se muestra el flujo de actividades que la organización necesita seguir para lograr la administración de la calidad total (TQM, *total quality management*). Una serie de actividades exitosas comienza por un entorno organizacional que promueve la calidad, seguido del entendimiento de los principios de la calidad y después por un esfuerzo para lograr que los empleados se comprometan con las actividades necesarias para implantar la calidad. Cuando esto se hace de manera correcta, lo común es que la organización satisfaga a sus clientes y obtenga una ventaja competitiva. La meta final es ganar clientes. Como la calidad origina muchas otras cosas buenas, es un buen lugar para empezar.

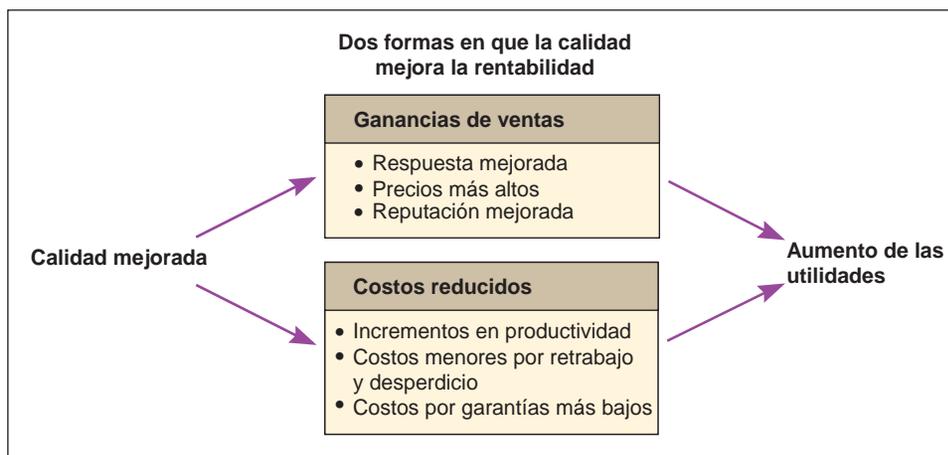
DEFINICIÓN DE CALIDAD

Los sistemas de administración de la calidad total se manejan mediante la identificación y satisfacción de las necesidades del cliente. Una administración de la calidad total cuida a su cliente. En consecuencia, aceptamos la definición de **calidad** adoptada por la American Society for Quality: “La totalidad de rasgos y características de un producto o servicio que respaldan su habilidad para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas.”¹

Sin embargo, otras personas consideran que las definiciones de la calidad se clasifican en varias categorías. Algunas definiciones que se *basan en el usuario* proponen que la calidad “está en los ojos del observador”. Las personas de marketing se inclinan por este enfoque lo mismo que los clientes. Para ellos,

Calidad
Capacidad de un bien o servicio para cumplir las necesidades del cliente.

FIGURA 13.1 ■
Formas en que la calidad mejora la rentabilidad



¹Visite el sitio Web de la American Society for Quality en www.asq.org.

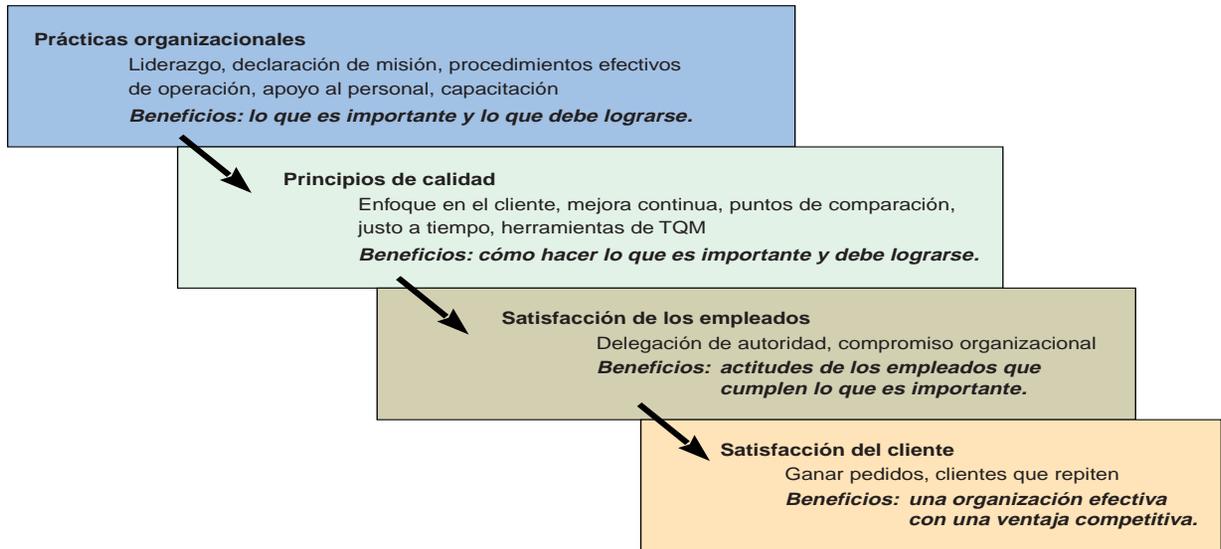


FIGURA 13.2 ■ Flujo de actividades necesarias para lograr la administración de la calidad total

La calidad puede estar en los ojos del observador, aunque para crear un bien o un servicio, los administradores de operaciones deben definir las expectativas del observador (el cliente).

una mejor calidad significa mejor desempeño, características más atractivas y otras mejoras (algunas veces costosas). Para los gerentes de producción, la calidad *se basa en la manufactura*. Creen que calidad significa sujetarse a los estándares y “hacerlo bien la primera vez”. El tercer enfoque *se basa en el producto* y observa a la calidad como una variable precisa y medible. Desde este punto de vista, por ejemplo, un helado realmente bueno tiene altos niveles de mantequilla.

En este texto se desarrollan enfoques y técnicas para atender las tres categorías de calidad. Las características que componen la calidad deben definirse primero mediante la investigación (un enfoque de la calidad basada en el usuario). Después estas características se traducen en atributos específicos de producto (un enfoque de la calidad basada en el producto). Entonces se organiza el proceso de manufactura para asegurar que los productos se elaboren con las especificaciones precisas (un enfoque de la calidad basada en la manufactura). Un proceso que ignore cualquiera de estos pasos no dará como resultado un producto de calidad.

Implicaciones de la calidad

Además de ser un elemento decisivo en las operaciones, la calidad tiene otras implicaciones. Señalamos otras razones por las que es importante la calidad:

1. *Reputación de la compañía.* La organización esperaría que su reputación de calidad —buena o mala— la acompañe. La calidad se mostrará en las percepciones acerca de los nuevos productos, las prácticas laborales y las relaciones con los proveedores de la empresa. La autopromoción no es sustituto de productos de calidad.
2. *Responsabilidad del producto.* Cada vez más las cortes piensan que las organizaciones que diseñan, producen o distribuyen productos o servicios fraudulentos son responsables de los daños o perjuicios que resulten de su uso. La legislación como el Consumer Product Safety Act en Estados Unidos establece y hace cumplir los estándares de producto prohibiendo los artículos que no reúnen esos estándares. Alimentos contaminados que provocan enfermedades, lámparas de noche que se incendian, llantas que se despedazan o tanques de gasolina que explotan al impactarse el automóvil derivarían en gastos legales gigantescos, arreglos fuera de la corte o pérdidas cuantiosas y publicidad adversa.
3. *Implicaciones globales.* En esta era tecnológica, la calidad es una preocupación internacional así como de la administración de operaciones. Para que país y compañía compitan de manera efectiva en la economía global, los productos deben reunir las expectativas de calidad, diseño y precio. Los productos inferiores dañan la rentabilidad de la empresa y la balanza comercial de la nación.

Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige

Las implicaciones globales de la calidad son tan importantes que Estados Unidos estableció el *Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige* por el logro de la calidad. El premio lleva el nombre del ex secretario de Comercio estadounidense Malcolm Baldrige. Las empresas ganadoras incluyen a Motorola, Miliiken, Xerox, Federal Express, Ritz-Carlton Hotels, AT&T, Cadillac y Texas Instruments.

Encontrará más información sobre el Premio Baldrige y su sistema de calificación de 1,000 puntos en www.quality.nist.gov.

Los japoneses tienen un premio similar, el Deming Prize, en honor del estadounidense W. Edwards Deming.

Costo de la calidad (COQ)

Cuatro grandes categorías de costos se asocian con la calidad. Los denominados **costos de la calidad (COQ)** son:

- *Costos de prevención*: costos asociados con la reducción de partes o servicios defectuosos potenciales (ejemplo, capacitación, programas de mejora de la calidad).
- *Costos de evaluación*: costos relacionados con la evaluación de los productos, procesos, partes y servicios (ejemplo, pruebas, laboratorios, inspectores).
- *Falla interna*: costos que resultan al producir partes o servicios defectuosos antes de la entrega al cliente (ejemplo, retrabajo, desperdicio, tiempos de descomposturas).
- *Costos externos*: costos que ocurren después de la entrega de partes o servicios defectuosos (ejemplo, retrabajo, bienes devueltos, responsabilidades, pérdida de buena voluntad o imagen, costos para la sociedad).

Los tres primeros se estiman en forma razonable, pero es muy difícil cuantificar los costos externos. Cuando GE tuvo que recoger 3.1 millones de lavadoras de platos en 1999 (ya que se alegó que un apagador defectuoso había iniciado siete incendios), el costo de las reparaciones excedió el valor de todas las lavadoras. Esto llevó a que muchos expertos consideraran que el costo de una mala calidad siempre se subestima.

Observadores de la administración de la calidad, incluidos Philip Crosby y Genichi Taguchi, creen que, haciendo un balance, el costo de los productos de calidad es sólo una fracción de los beneficios. Consideran que los verdaderos perdedores son las organizaciones que no trabajan con firmeza en la calidad. Por ejemplo, Philip Crosby afirmó que la calidad es gratis. “No es un regalo, pero es gratuita. Lo que cuesta dinero son las cosas sin calidad: todas las acciones que implican no hacerlo bien desde la primera vez.”²

ESTÁNDARES INTERNACIONALES DE CALIDAD

ISO 9000

La calidad es tan importante globalmente que el mundo entero se está uniendo en torno a un solo estándar de calidad, **ISO 9000**. ISO 9000 es el único estándar de calidad con reconocimiento internacional. En 1987, 91 naciones integrantes (incluido Estados Unidos) publicaron una serie de estándares para asegurar la calidad, conocidos en todos lados como **ISO 9000**. Estados Unidos, a través del American National Standards Institute, adoptó la serie ISO 9000 como la serie ANSI/ASQ Q9000.³ El enfoque de los estándares es establecer procedimientos de administración de la calidad mediante liderazgo, documentación detallada, instrucciones de trabajo y archivo de registros. Estos procedimientos no mencionan la calidad real del producto, más bien manejan los estándares que se deben seguir en su totalidad.

Para obtener el certificado ISO 9000, las organizaciones pasan por un proceso de 9 a 18 meses que involucra la documentación de procedimientos de la calidad, una evaluación *in situ* y una serie de auditorías continuas de los productos o servicios. Para hacer negocios en el nivel global —especialmente en Europa— es crucial estar incluido en el directorio ISO. En 2003, se habían otorgado más de 400,000 certificaciones a empresas de 158 países. Alrededor de 40,000 empresas estadounidenses cuentan con el certificado ISO 9000.

ISO revisó sus estándares en diciembre de 2000 para inclinarlos más hacia un sistema de administración de la calidad, lo cual se detalla en su componente **ISO 9001: 2000**. El liderazgo de la alta administración y los requerimientos y satisfacción del cliente desempeñan un papel mucho más importante en su componente **ISO 9001: 2000**,⁴ mientras que la documentación de procedimientos se destaca menos.

Costo de la calidad (COQ)

Costo de hacer las cosas mal, es decir, el precio por no cumplir lo establecido.



TAKUMI

Ideograma japonés que simboliza una dimensión más amplia que la calidad, un proceso más profundo que la educación y un método más perfecto que la persistencia.

ISO 9000

Conjunto de estándares de calidad desarrollados por la International Standards Organization (ISO).

“ISO” en griego significa *igual* o *uniforme*, como al decir uniforme en todo el mundo.

Visite los sitios Web www.iso.ch o www.asq.org para aprender más sobre los estándares ISO.

²Philip B. Crosby, *Quality Is Free* (Nueva York: McGraw-Hill, 1979). Además, J. M. Juran afirma, en su libro *Juran on Quality by Design* (Free Press, 1992, p. 119), que los costos de la mala calidad “son enormes, pero los montos no se conocen con precisión. En la mayor parte de las compañías los sistemas de contabilidad proporcionan sólo una mínima parte de la información necesaria para cuantificar los costos de la mala calidad. Es necesario invertir gran cantidad de tiempo y esfuerzo en ampliar el sistema contable para que cubra todos los aspectos”.

³ASQ es la American Society for Quality.

⁴Craig Cochran, “The ISO to Know”, *IIE Solutions* (diciembre de 2001): 30-34.

El anuncio de la certificación ISO 9000 está a la vista, pero esta planta Bridgestone/Firestone en Decatur, Illinois, produjo miles de llantas defectuosas. Las bases de la manufactura de las llantas han sido las mismas desde hace más de 100 años en esta planta que produce, en gran parte a mano, más de 25 mil llantas diarias.



ISO 14000

La continua internacionalización de la calidad se hace evidente con el desarrollo de **ISO 14000**. ISO 14000 es un estándar de administración sobre aspectos ambientales que contiene cinco elementos centrales: **1.** administración sobre aspectos ambientales; **2.** auditoría; **3.** evaluación del desempeño; **4.** etiquetado, y **5.** evaluación del ciclo de vida. El nuevo estándar implica varias ventajas:

- Una imagen pública positiva y poca exposición por responsabilidad legal.
- Un enfoque sistemático adecuado en la prevención de la contaminación mediante la minimización de los efectos ecológicos de productos y actividades.
- Cumplimiento de los requerimientos reglamentarios y oportunidades de ventaja competitiva.
- Reducción de la necesidad de auditorías múltiples.

Este estándar es aceptado en todo el mundo.

ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL

La **administración de la calidad total (TQM)** se refiere al énfasis que se pone en la calidad en toda la organización, desde el proveedor hasta el cliente. TQM destaca el compromiso de la administración para dirigir continuamente a toda la compañía hacia la excelencia en todos los aspectos de productos y servicios que son importantes para el cliente.

TQM es importante porque las decisiones sobre la calidad influyen en cada una de las 10 decisiones que toman los administradores de operaciones. Cada decisión trata algún aspecto relacionado con la identificación o el cumplimiento de las expectativas del cliente. Satisfacer dichas expectativas exige el énfasis en la TQM si la empresa piensa competir como líder en los mercados mundiales.

El experto en calidad W. Edwards Deming usaba 14 puntos (tabla 13.1) para indicar la forma de implantar TQM.⁵ Nosotros los concretamos en seis conceptos para un programa efectivo de TQM: **1.** mejora continua; **2.** delegación de autoridad en los empleados; **3.** punto de comparación; **4.** justo a tiempo (JIT); **5.** conceptos de Taguchi, y **6.** conocimiento de las herramientas de TQM.

Mejora continua

La administración de la calidad total requiere un proceso sin fin de mejora continua que cubre personas, equipo, proveedores, materiales y procedimientos. La base de esta filosofía es que cada aspecto de la operación es susceptible de mejora. La meta final es la perfección, la cual nunca se alcanza pero siempre se busca.

ISO 14000

Estándar de administración del medio ambiente establecido por la International Standards Organization (ISO).

Administración de la calidad total (TQM)

Administración de la organización completa con la finalidad de que logre la excelencia en todos los aspectos de los productos y servicios que son importantes para el cliente.

Un aspecto crítico para mejorar la calidad es el liderazgo de la administración. El motivo de ISO para renovar el ISO 9000 fue que las versiones anteriores carecían de fuerza en lo que requerían de los altos niveles de administración.

⁵John C. Anderson, Manus Rungtusanatham y Roger G. Schroeder, "A Theory of Quality Management Underlying the Deming Management Method", *Academy of Management Review* 19, núm. 3 (1994): 472-509.

TABLA 13.1 ■

14 puntos de Deming para implementar la mejora de la calidad

1. Crear un propósito consistente.
2. Dirigir para promover el cambio.
3. Construir calidad dentro del producto; dejar de depender de las inspecciones para encontrar los problemas.
4. Edificar relaciones de largo plazo con base en el desempeño en lugar de hacer negocios con base en el precio.
5. Mejorar el producto, la calidad y el servicio de manera continua.
6. Comenzar la capacitación.
7. Destacar el liderazgo.
8. Eliminar el temor.
9. Derribar las barreras entre departamentos.
10. Dejar de sermonear a los trabajadores.
11. Apoyar, ayudar y mejorar.
12. Remover los obstáculos para enorgullecerse en el trabajo.
13. Instituir un programa vigoroso de educación y autosuperación.
14. Hacer que todos en la compañía trabajen en la transformación.

Fuente: Al cabo de varios años, Deming revisó sus 14 puntos en varias ocasiones. Véase W. Edwards Deming, "Philosophy Continues to Flourish", *APICS-The Performance Advantage* 1, núm. 4 (octubre de 1991): 20.

PHRA

Modelo de mejora continua para planear, hacer, revisar y actuar.



FIGURA 13.3 ■
Ciclo PHRA

Kaizen

Término japonés que define el proceso continuo de mejora por incrementos.

Six sigma

Programa de calidad que genera productos o servicios 99.9997% precisos.

Delegación de autoridad en los empleados

Ampliación del trabajo de los empleados para que la responsabilidad y autoridad agregadas lleguen al nivel más bajo posible en la organización.

Planear-hacer-revisar-actuar Walter Shewhart, uno de los pioneros en administración de la calidad, desarrolló un modelo circular conocido como **PHRA** (planear, hacer, revisar, actuar; en inglés PD-CA, *Plan-Do-Check-Act*) como su versión de mejora continua. Más tarde, Deming llevó este concepto a Japón durante su trabajo ahí después de la Segunda Guerra Mundial. El ciclo PHRA se muestra en la figura 13.3 como un círculo para destacar la naturaleza continua del proceso de mejora.

Six Sigma Los japoneses emplean la palabra **kaizen** para describir este proceso continuo de mejora sin fin, el establecimiento y logro de metas cada vez más altas. En Estados Unidos *TQM* y *cero defectos* también se emplean para describir los esfuerzos continuos por mejorar.

El término **six sigma**, que hicieron popular Motorola, Honeywell y General Electric, se refiere a un programa de TQM con una capacidad de proceso extremadamente alta (precisión de 99.9997%). Por ejemplo, si cada año 20 millones de pasajeros documentan su equipaje en el aeropuerto Heathrow de Londres, el resultado de un programa six sigma para el manejo de equipaje sería de sólo 72 pasajeros con problemas de maletas extraviada. Con el programa 3-sigma, de mayor uso que se verá en el siguiente capítulo, el resultado sería de 3,660 pasajeros con equipaje extraviado *cada día*. El enfoque de General Electric es certificar a los empleados como "cinta negra" en six sigma después de completar una capacitación estadística minuciosa, después enviarlos a capacitar a sus compañeros.

Ya sea PHRA, *kaizen*, cero defectos o six sigma, el administrador de operaciones es un participante clave en la construcción de una cultura laboral que apoye la mejora continua.

Delegación de autoridad en los empleados

La **delegación de autoridad en los empleados** significa involucrarlos éstos en cada paso del proceso de producción. La literatura de administración de empresas sugiere que alrededor de 85% de los problemas de calidad tiene que ver con materiales y procesos, no con el desempeño de los empleados. Por lo tanto, la tarea es diseñar equipo y procesos que produzcan la calidad deseada. Esto se logra mejor a través de un alto nivel de participación de quienes entienden las deficiencias del sistema. Quienes tienen que ver con el sistema en forma cotidiana lo comprenden mejor que nadie. Un estudio indicó que los programas TQM que delegan las responsabilidades de la calidad en los empleados de la planta, tienen el doble de posibilidades de éxito que los que se implementan a través de directrices de "arriba hacia abajo".⁶

Cuando ocurre una falta de cumplimiento, pocas veces es el trabajador el que está mal. O bien el producto estaba mal diseñado, el sistema que produce el producto estaba mal diseñado o el empleado estaba mal capacitado. Aun cuando el empleado puede ayudar a solucionar el problema, rara vez el empleado lo ocasiona.

Las técnicas para delegar autoridad en los empleados incluyen **1.** construcción de redes de comunicación que incluyen a los empleados; **2.** desarrollo de supervisores abiertos y solidarios; **3.** traslado de responsabilidades tanto de los gerentes como del personal administrativo a los empleados de producción; **4.** construcción de organizaciones con un estado de ánimo alto, y **5.** creación de estructuras formales de organización tales como equipos y círculos de calidad.

⁶"The Straining of Quality", *The Economist* (14 de enero de 1995): 55. Nosotros también vemos que ésta es una de las fortalezas de Southwest Airlines, que ofrece un servicio nacional sin lujos, porque sus empleados, con su buen carácter y su trato amigable, ayudan a merecer el número 1 en las calificaciones de calidad. (Véase *Wall Street Journal* [27 de abril de 2000].)

Círculo de calidad

Grupo de empleados que se reúne en forma regular con un facilitador, para resolver problemas relacionados con el trabajo en el área donde laboran.

Los equipos se forman para estudiar una diversidad de temas. Un tema típico para los equipos es la calidad. Tales equipos suelen conocerse como círculos de calidad. Un **círculo de calidad** es un grupo de empleados que se reúne periódicamente para resolver problemas relacionados con el trabajo. Sus miembros reciben capacitación para planeación en equipo, solución de problemas y control estadístico de la calidad. Por lo general, se reúnen una vez por semana (casi siempre después del trabajo, pero a veces en su horario de trabajo). Aunque los miembros no reciben una recompensa económica, sí tienen el reconocimiento de la empresa. Un miembro del equipo con capacitación especial, llamado facilitador, por lo regular ayuda a capacitar a los otros miembros y se encarga de que las reuniones se desarrollen con fluidez. Los equipos enfocados en la calidad han demostrado ser una manera efectiva en costos de incrementar la productividad y la calidad.

Punto de comparación

Selección de un estándar de desempeño demostrado que represente la mejor ejecución de una actividad o proceso.

Punto de comparación

El punto de comparación o *benchmarking* es otro de los ingredientes del programa TQM de la organización. El **punto de comparación** implica la selección de un estándar demostrado de productos, servicios, costos o prácticas que representa el mejor desempeño de todos los procesos o actividades muy semejantes a las propias. La idea es desarrollar una meta y después desarrollar un estándar o punto de comparación contra el cual medir el propio desempeño. Los pasos para desarrollar los puntos de comparación son:⁷

- Determinar qué se quiere comparar.
- Formar un equipo de *benchmarking*.
- Identificar a los colegas del punto de comparación.
- Recolectar y analizar la información del punto de comparación.
- Actuar para igualar o superar el punto de comparación.

En una situación ideal, encontrará una o más organizaciones similares que son líderes en las áreas particulares que desea estudiar. Después usted se compara (se evalúa con relación a esa referencia) con ellas. La compañía no debe pertenecer a su industria. En realidad, para establecer estándares de clase mundial es mejor buscar fuera de su industria. Si una industria ha aprendido una forma rápida de competir vía un rápido desarrollo de producto mientras la suya aún no lo logra, no obtiene beneficios al estudiar su industria. Lo que se analiza en el recuadro *AO en acción*, “La reputación de L. L. Bean lo hace un punto de comparación favorito”, es exactamente lo que hicieron Xerox y DaimlerChrysler cuando acudieron a L. L. Bean como punto de comparación para el llenado de pedidos y manejo de almacén. Los puntos de



W. Edwards Deming (izquierda). En su cruzada por la calidad, Deming insiste en que la administración acepte la responsabilidad de construir buenos sistemas. Considera que el empleado no es capaz de producir artículos que superen en promedio la calidad que el proceso genera. El doctor Deming murió en 1993.

J. M. Juran (centro). Pionero en enseñar a los japoneses cómo mejorar la calidad, cree firmemente en el compromiso, apoyo y participación de la alta dirección en el esfuerzo por la calidad. Asimismo, es un convencido de los equipos que de manera continua buscan cómo elevar los estándares de calidad. Juran difiere de Deming en su enfoque en el cliente y su definición de calidad como adecuado para el uso, no necesariamente en las especificaciones escritas.

Philip B. Crosby (derecha). *Quality Is Free* fue el libro publicado en 1979 con el que Crosby atrajo la atención del público. Crosby creía en el trueque tradicional entre el costo de mejorar la calidad y el costo de la mala calidad, el costo de la mala calidad siempre se subestima. El costo de la mala calidad debe incluir todas las cosas que incluye no hacer bien el trabajo la primera vez. Crosby murió en 2001.

“No existe una razón en lo absoluto para tener errores o defectos en ningún producto o servicio”.

Philip Crosby

⁷Adaptado de Michael J. Spendolini, *The Benchmarking Book* (Nueva York, AMACON, 1992).

AO EN ACCIÓN

La reputación de L. L. Bean lo hace un punto de comparación favorito

Cuando Xerox se propuso mejorar el llenado de sus pedidos, fue con L. L. Bean. ¿Qué tienen en común las partes de las fotocopadoras con la parafernalia exterior de Bean? Nada, pero los administradores de Xerox pensaron que sus procesos de llenado de pedidos eran similares: ambos implican el manejo de productos tan variados en forma y tamaño que el trabajo debe realizarse a mano. Resultó que Bean era capaz de “levantar” pedidos tres veces más rápido que Xerox. La lección aprendida permitió a Xerox bajar 10% sus costos de almacén. “Muchas compañías sufren porque se niegan a aceptar que otros son capaces de hacer mejor las cosas”, dice Robert Camp, gerente de benchmarking de Xerox.

Después DaimlerChrysler fue a estudiar los métodos de almacén de Bean. Los empleados de Bean usan diagramas de flujo para detectar los movimientos desperdiciados. La práctica dio como resultado que un empleado sugiriera almacenar los artículos voluminosos cerca de las estaciones de empaque. Tan impresionada quedó DaimlerChrysler que decidió seguir la política y confiar más en las soluciones de los problemas propuestas en el nivel del trabajador.

En la actualidad L. L. Bean recibe hasta cinco solicitudes de visita a la semana para estudiarlo como punto de comparación, demasiadas para manejarlas. La compañía sólo programa las que muestran un “genuino interés en la calidad y no simple curiosidad”, comenta Robert Olive, gerente de planta de Bean.

Fuentes: *Catalog Age* (abril de 2002): 35, y *Business Week* (18 de septiembre de 1995): 122-132.

comparación suelen tomar la forma de “las mejores prácticas” encontradas en otras empresas. La tabla 13.2 ilustra las mejores prácticas para resolver las quejas de los clientes.

TABLA 13.2 ■

Las mejores prácticas para resolver las quejas de los clientes

- *Facilitar a los clientes la presentación de su queja:* es investigación de mercado gratuita.
- *Responder con rapidez a la queja:* agrega clientes y lealtad.
- *Resolver las quejas en el primer contacto:* reduce los costos.
- *Usar computadoras para el manejo de quejas:* permite descubrir tendencias y alinear sus servicios.
- *Contratar a los mejores para el servicio al cliente:* debe ser parte de la capacitación formal y del desarrollo profesional.

Fuente: Guía del gobierno canadiense para el mecanismo de las quejas.

Los puntos de comparación pueden y deben establecerse en una variedad de áreas. La administración de calidad total no necesita menos.⁸

Justo a tiempo (JIT)

La filosofía que respalda justo a tiempo (**JIT, just-in-time**) es mejora continua y cumplimiento de la solución de problemas. Los sistemas JIT se diseñan para producir y entregar bienes justo cuando se necesitan. JIT se relaciona con la calidad en tres formas:

- *JIT reduce el costo de la calidad.* Esto ocurre porque el desperdicio, el retrabajo, la inversión en inventario y los costos por daños se relacionan de manera directa con el inventario que se tiene a mano. Como se tiene menos inventario con JIT, los costos son menores. Además, el inventario oculta la mala calidad, mientras que JIT la *expone* de inmediato.
- *JIT mejora la calidad.* En la medida en que JIT acorta el tiempo de entrega, mantiene fresca la evidencia del error y limita el número de fuentes potenciales de error. JIT crea, de hecho, un sistema de advertencia temprana de los problemas de calidad, tanto al interior de la empresa como con los vendedores.
- *Mejor calidad significa menos inventario y un mejor sistema JIT fácil de usar.* A menudo el propósito de mantener un inventario es protegerse del mal desempeño de producción como resultado de una calidad poco confiable. Si existe una calidad constante, JIT permite que las empresas reduzcan todos los costos asociados con el inventario.

Conceptos de Taguchi

La mayoría de los problemas de calidad son resultado del diseño deficiente del producto y el proceso.⁹ Genichi Taguchi proporcionó tres conceptos tendientes a mejorar la calidad tanto del producto como del proceso. Estos conceptos son: *calidad robusta, función de pérdida de calidad y calidad orientada a una meta.*

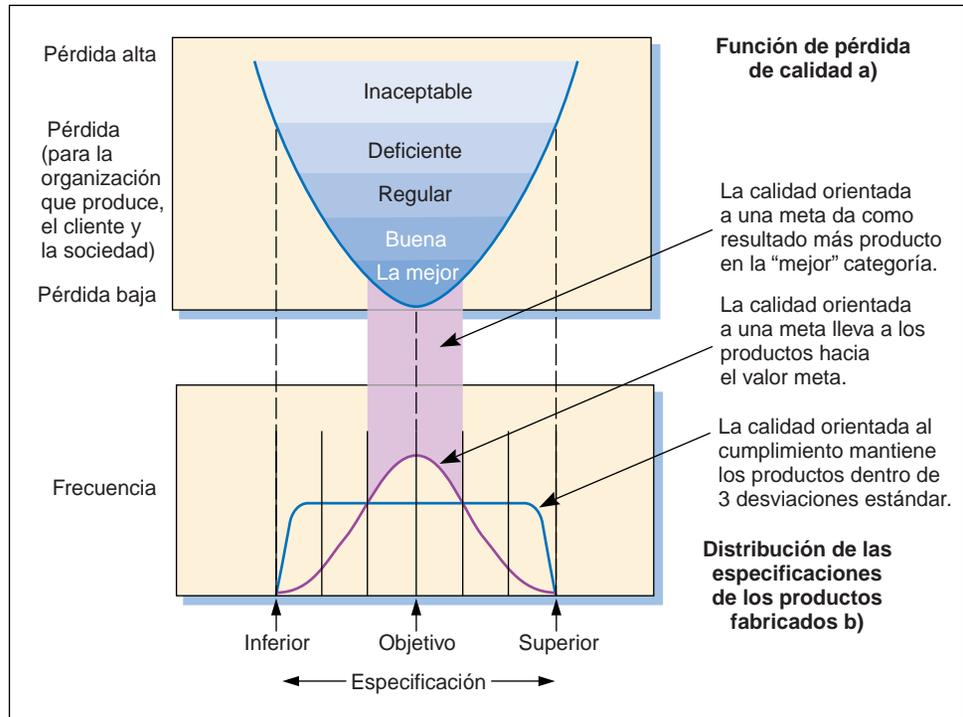
⁸Observe que el punto de comparación funciona bien para evaluar qué tan bien está haciendo lo que hace en comparación con la industria, pero la aproximación más imaginativa al proceso de mejora, consiste en preguntar, “¿en realidad deberíamos estar haciendo esto?” Comparar sus operaciones de almacén con el maravilloso trabajo de L. L. Bean está bien, pero quizá deba tener un almacén “de paso” o contratar a alguien de fuera para que realice la función de almacenamiento.

⁹Glen Stuart Peace, *Taguchi Methods: A Hands-On Approach* (Reading, MA: Addison-Wesley, 1993).

FIGURA 13.4 ■

a) Función de pérdida de calidad; b) Distribución de especificaciones de los productos fabricados

Taguchi se dirige a la meta porque si los productos fabricados se acercan a los límites superior e inferior de las especificaciones aceptables, el resultado es una función de pérdida de calidad mayor.



Calidad robusta

Productos que de manera consistente satisfacen las necesidades del cliente a pesar de las condiciones adversas en el proceso de producción.

Función de pérdida de calidad (QLF)

Función matemática que identifica todos los costos relacionados con la mala calidad y que muestra la forma en que estos costos se incrementan cuando la calidad del producto se aleja de lo que el cliente desea.

Los productos con **calidad robusta** son aquellos que se producen de manera uniforme y consistente en condiciones adversas de manufactura y ambientales. La idea de Taguchi es eliminar los *efectos* de las condiciones adversas en lugar de eliminar las causas. Taguchi sugiere que eliminar los efectos es a menudo más barato que eliminar las causas, y es más efectivo al fabricar un producto robusto. De esta forma, las pequeñas variaciones en materiales y proceso no destruyen la calidad del producto.

La **función de pérdida de calidad (QLF, quality loss function)** identifica todos los costos relacionados con la mala calidad y muestra la forma en que estos costos aumentan cuando el producto se aleja de ser exactamente lo que el cliente desea. Estos costos no sólo incluyen la insatisfacción del cliente, sino también los costos de garantía y de servicio; los costos internos de inspección, reparación y desperdicio; y costos que se describen mejor como costos para la sociedad. Observe que la figura 13.4a muestra la función de la pérdida de la calidad como una curva que se incrementa a una tasa creciente. Toma la forma general de una ecuación cuadrática simple:

$$L = D^2C$$

donde L = pérdida para la sociedad
 D^2 = cuadrado de la distancia al valor meta
 C = costo de la desviación en el límite de la especificación

Todas las pérdidas para la sociedad debidas al desempeño deficiente se incluyen en la función de pérdida. A menor pérdida, más deseable el producto. Cuanto más lejos se encuentra el producto del valor meta, más grave es la pérdida.

Taguchi observó que las especificaciones tradicionales orientadas al cumplimiento de especificaciones (es decir, el producto es bueno mientras caiga dentro de los límites de tolerancia) son demasiado simplistas. Como se muestra en la figura 13.4b, la calidad orientada al simple cumplimiento acepta todos los productos que están dentro de los límites de tolerancia, produciendo más unidades que están lejos de la meta. Por lo tanto, la pérdida (costo) es mayor en términos de satisfacción del cliente y beneficios para la sociedad. Por otra parte, la calidad orientada a una meta, busca mantener al producto en la especificación deseada, produciendo más (y mejores) unidades cerca de la meta. La **calidad orientada a una meta** es una filosofía de mejora continua para llevar al producto a la meta exacta.

Calidad orientada a una meta

Filosofía de mejora continua para colocar el producto justo en la meta.

Conocimiento de las herramientas de TQM

Con la finalidad de delegar autoridad en los empleados e implantar TQM como esfuerzo continuo, todos en la organización deben estar capacitados en las técnicas de TQM. En la siguiente sección nos enfocamos en algunas de las diversas y crecientes herramientas que se emplean en la cruzada de la TQM.

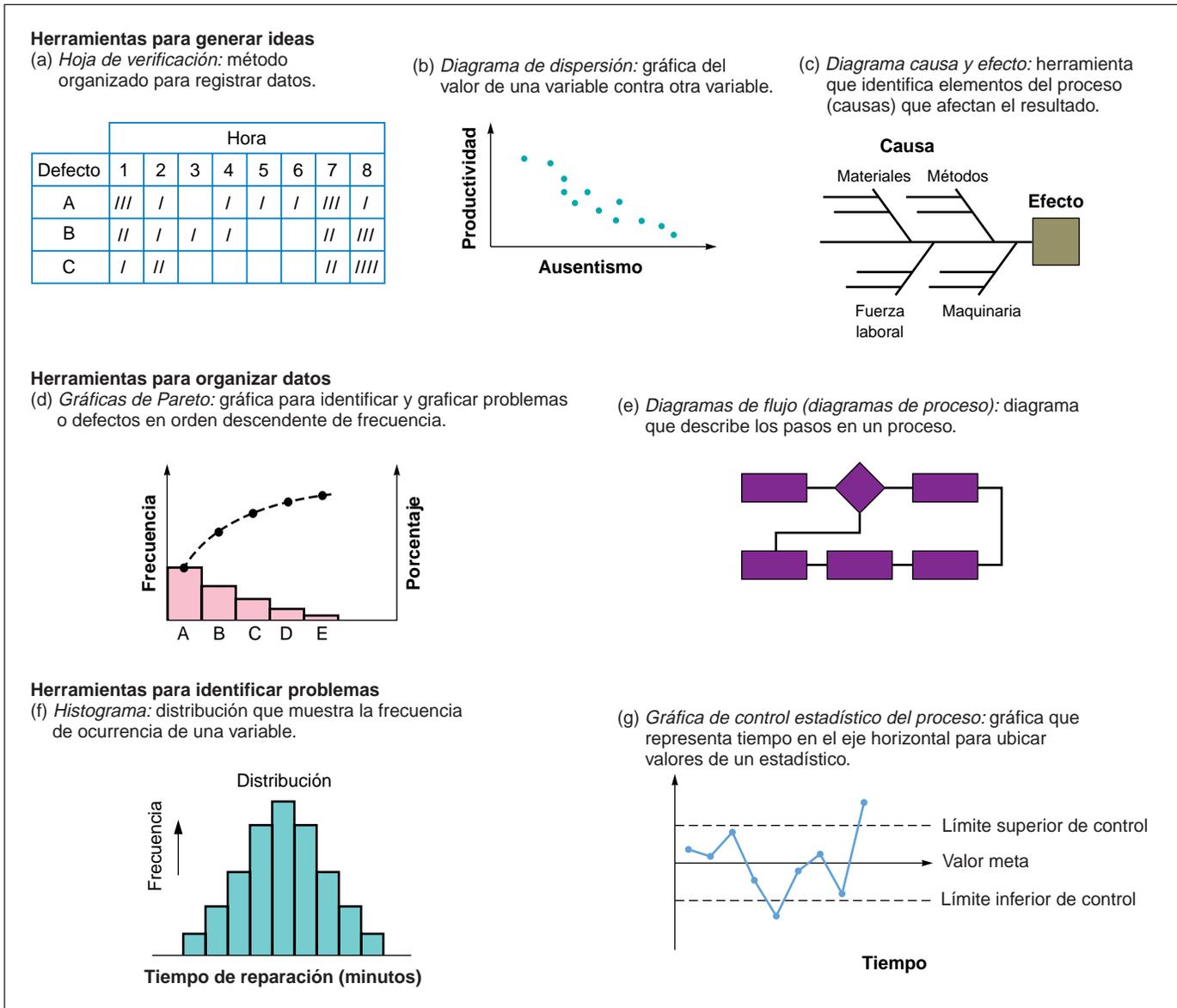


FIGURA 13.5 ■ Siete herramientas de TQM

HERRAMIENTAS DE TQM

“La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado del esfuerzo inteligente”.

John Ruskin

En la figura 13.5 se muestran siete herramientas que son particularmente útiles en el esfuerzo de TQM. En seguida señalamos en qué consisten estas herramientas.

Hojas de verificación

La hoja de verificación es cualquier tipo de formato diseñado para registrar datos. En algunos casos el registro se realiza con la finalidad de observar con facilidad los patrones mientras se toman los datos (véase la figura 13.5a). Las hojas de verificación ayudan a que los analistas encuentren hechos o patrones que puedan ayudar en análisis subsecuentes. Un ejemplo sería un dibujo que muestre las áreas donde ocurren defectos o una hoja de verificación que muestre el tipo de reclamaciones del cliente.

Diagramas de dispersión

Los diagramas de dispersión muestran la relación entre dos medidas. Un ejemplo es la relación positiva entre la duración de una llamada de servicio y el número de veces que el encargado de reparaciones regresa al camión por partes (como se comenta en el recuadro *AO en acción* “TQM mejora el servicio de fotocopiado”). Otro ejemplo sería una gráfica de la productividad contra ausentismo que se muestra en la

AO EN ACCIÓN

TQM mejora el servicio de fotocopiado

En la industria de las fotocopiadoras, la tecnología en diseño de copiadoras ha nublado la distinción entre los productos de las compañías. Savin, fabricante de fotocopiadoras de la marca japonesa Ricoh Corp., considera que la ventaja competitiva debe encontrarse en el servicio y destaca el servicio al cliente en lugar de las especificaciones del producto. Robert Williams, vicepresidente de Savin, comenta: "la fortuna de una compañía está en la calidad de su servicio".

Presentamos dos formas en las que Savin reduce sus gastos mientras mejora la calidad de su servicio:

- Mediante el uso de las herramientas de TQM, Savin descubrió que una parte significativa del tiempo de atención a llamadas de servicios se desperdiciaba cuando los ingenieros regresaban al camión por refacciones. La empresa ensambló un "juego de servicio" que permite

a los ingenieros llevar a donde se encuentra el cliente las partes con mayor probabilidades de uso. Ahora los servicios son más rápidos, cuestan menos y pueden atenderse más en un día.

- El principio de Pareto de que 20% del personal causa 80% de los errores se empleó para detectar el problema de las "llamadas de segunda vez". La llamada de segunda vez significa que el trabajo no se hizo bien la primera vez y que es necesaria una segunda visita a cargo de Savin. La capacitación de sólo 11% de los ingenieros encargados de atender al cliente con la mayoría de las llamadas de segunda vez, dio como resultado una disminución de 19% de las visitas de segunda vez.

De acuerdo con Williams, "la administración de la calidad total, es un enfoque de la forma de hacer negocios que debe penetrar todos los trabajos en la industria de servicios".

Fuentes: Wall Street Journal (19 de mayo de 1998): B8, y Office Systems (diciembre de 1998): 40-44.

figura 13.5b. Si los dos elementos se relacionan de manera estrecha, los datos puntuales formarán una franja bien delimitada. Si se obtiene un patrón aleatorio, los elementos no guardan relación.

Diagrama causa y efecto

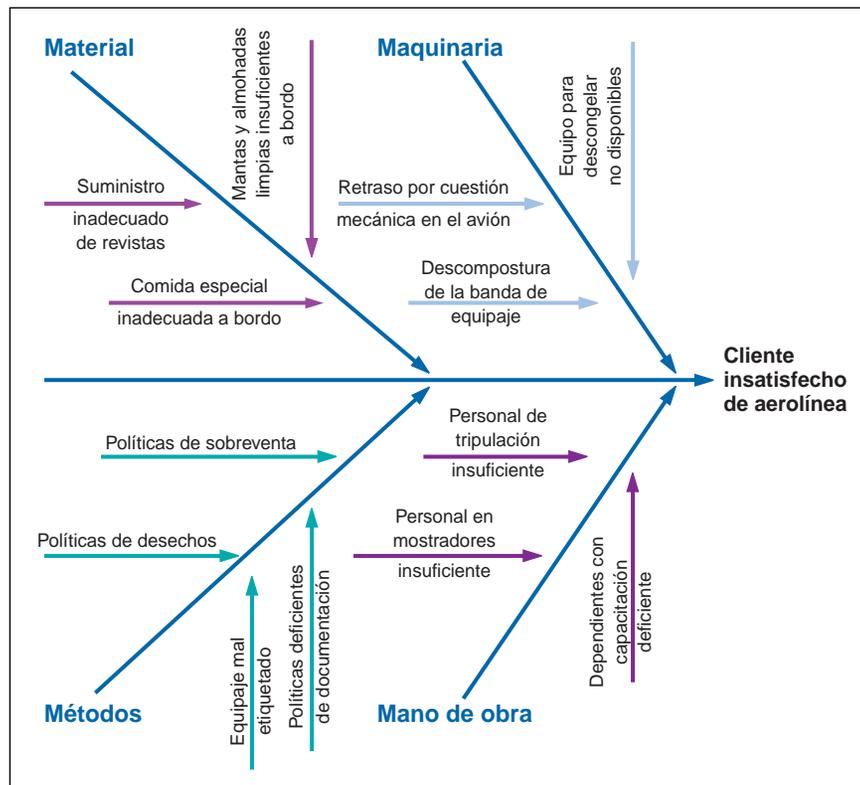
Técnica esquemática usada para descubrir posibles lugares con problemas de calidad.

Diagramas causa y efecto

Otra herramienta para identificar problemas de calidad y puntos de inspección es el **diagrama causa y efecto**, también conocido como **diagrama de Ishikawa** o **diagrama de pescado**. La figura 13.6 ilustra un diagrama (observe que la forma es parecida al esqueleto de un pescado) para un problema cotidiano de control de calidad, un cliente insatisfecho de una aerolínea. Cada "hueso" representa una fuente posible de error.

FIGURA 13.6 ■

Diagrama de pescado (o causa y efecto) para problemas con el servicio al cliente en una aerolínea



El administrador de operaciones comienza con cuatro categorías: material, maquinaria/equipo, mano de obra y métodos. Estas cuatro “M” son las “causas” y representan una buena lista de revisión para el análisis inicial. Las causas individuales asociadas con cada categoría se enlazan como huesos separados a lo largo de esa rama, a menudo a través de una lluvia de ideas. Por ejemplo, la rama de maquinaria en la figura 13.6, tiene problemas provocados por la falta de equipo para descongelar, retrasos mecánicos y descompostura de las bandas de equipaje. Cuando las gráficas de pescado se elaboran en forma sistemática, se destacan los posibles problemas de calidad y los puntos de inspección.

Gráficas de Pareto

Gráficas de Pareto
 Forma gráfica de identificar los pocos elementos críticos en oposición con los muchos elementos menos importantes.

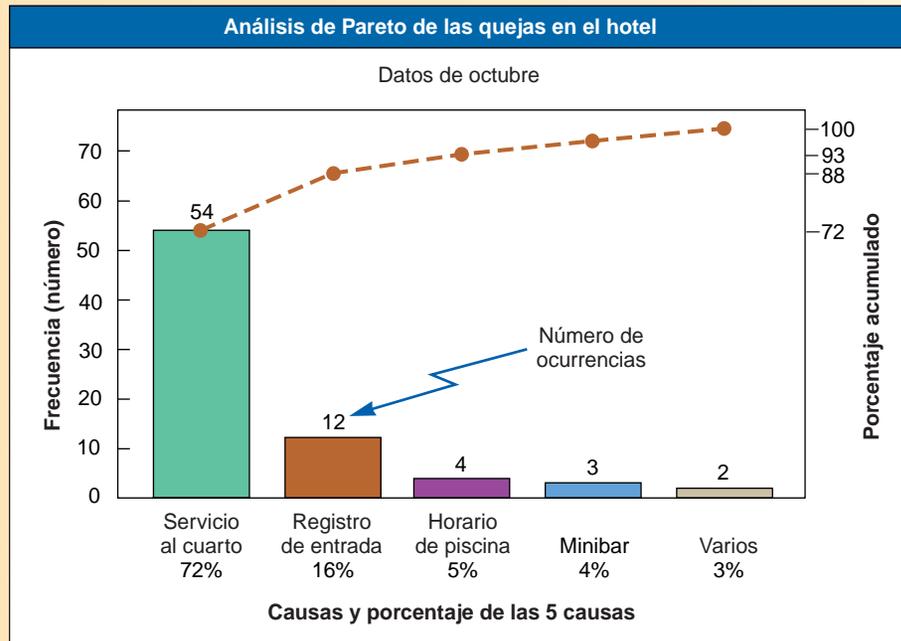
Las **gráficas de Pareto** son un método para organizar errores, problemas o defectos con el propósito de ayudar a enfocar los esfuerzos para la solución de problemas. Tienen como base el trabajo de Vilfredo Pareto, un economista del siglo XIX. Joseph M. Juran popularizó el trabajo de Pareto cuando sugirió que 80% de los problemas de una empresa son resultado de sólo 20% de las causas.

En el ejemplo 1 se indica que de los cinco tipos de quejas identificados, la vasta mayoría era de un tipo, en este caso, la deficiencia del servicio al cuarto.

Ejemplo 1

El Hard Rock Hotel en Bali recabó los datos de 75 llamadas de quejas hechas al gerente general durante el mes de octubre. El gerente decidió preparar una análisis de Pareto de ellas. De acuerdo con los datos, 54 son de servicio al cuarto; 12 de demoras en el registro de entrada; 4 sobre los horarios de la alberca; 3 de los precios del minibar, y 2 sobre aspectos varios.

La siguiente gráfica de Pareto indica que 72% de las llamadas fueron el resultado de una causa, servicio al cuarto. La mayoría de las quejas se eliminarán cuando se corrija esta causa.



El análisis de Pareto indica qué problemas darán el mayor pago. Pacific Bell descubrió esto cuando intentaba encontrar la forma de reducir los daños a los cables telefónicos subterráneos, la primera causa de fallas en el servicio telefónico. El análisis de Pareto mostró que la causa de 41% de los daños a los cables eran los trabajos de construcción. Con esta información, Pacific Bell pudo elaborar un plan para reducir 24% los costos en un año, lo que le significó un ahorro de \$6 millones de dólares.

Diagramas de flujo

Diagramas de flujo
 Diagramas de bloques que describen gráficamente un proceso o sistema.

Los **diagramas de flujo** representan gráficamente un proceso o sistema utilizando cuadros y líneas interconectadas (figura 13.5e). Son sencillos pero excelentes cuando se busca explicar un proceso o que tenga sentido. En el ejemplo 2 se usa un diagrama de flujo para mostrar el proceso del departamento de empaque y envío en una planta de procesamiento de carne de pollo.

Ejemplo 2

En la planta de procesamiento de carne de pollo WJC Chicken, en Little Rock, Arkansas, desean que sus nuevos empleados entiendan mejor el proceso de empaque y embarque. Prepararon la siguiente gráfica para ayudar al nuevo programa de capacitación de empleados.



Histogramas

Los **histogramas** muestran el intervalo de valores de una medida y la frecuencia con la que ocurre cada valor (véase la figura 13.5f). Nos muestran las lecturas que ocurren con mayor frecuencia así como las variaciones en las medidas. Es posible calcular estadísticas descriptivas, como las desviaciones promedio y estándar, para describir una distribución. No obstante, los datos siempre deben graficarse con la finalidad de “ver” la forma de la distribución. La presentación visual de la distribución también ofrece ideas sobre la causa de la variación.

Control estadístico de procesos (SPC)

Mediante el **control estadístico de procesos (SPC, statistical process control)** es posible monitorear estándares, tomar medidas y llevar a cabo las acciones correctivas cuando el producto o servicio está en producción. Se examinan muestras de los resultados del proceso; y si se encuentran dentro de los límites aceptables, se permite que el proceso continúe. Si caen fuera de ciertos intervalos específicos, el proceso se detiene y, generalmente, se localiza y remueve la causa asignable.

Una **gráfica de control** es una presentación gráfica de los datos en el tiempo que muestra los límites inferiores y superiores para el proceso que deseamos controlar (véase la figura 13.5g). Las gráficas de control están construidas de tal forma que permiten la rápida comparación de los nuevos datos con la información del desempeño anterior. Tomamos muestras de la salida del proceso y graficamos el promedio de estas muestras en una gráfica con los límites. En una gráfica de control, los límites inferior y superior se marcan en unidades de temperatura, presión, peso, longitud, etcétera.

En la figura 13.7 se grafican los porcentajes de una muestra en una gráfica de control. Cuando el promedio de las muestras está dentro de los límites de control inferior y superior y no se presenta ningún patrón discernible, se dice que el proceso está bajo control y que sólo hay variaciones naturales. De otra forma el proceso está desajustado y fuera de control.

En el siguiente capítulo se detalla la forma de desarrollar diferentes tipos de gráficas de control, y se aborda también el fundamento estadístico que apoya el uso de esta importante herramienta.

FUNCIÓN DE LA INSPECCIÓN

Para asegurar que el sistema está produciendo al nivel de calidad esperado, se requiere controlar proceso. Los mejores procesos presentan muy poca variación del estándar esperado. La tarea del administrador de operaciones es construir tales sistemas de control para verificar, a menudo por inspección, que funcionen de acuerdo con el estándar. Esta **inspección** implica medir, degustar, tocar, pesar o poner a prueba el producto (algunas veces incluso destruirlo cuando se inspecciona). Su objetivo es detectar de inmediato

Control estadístico de procesos (SPC)

Proceso que usado para supervisar estándares, tomar medidas y llevar a cabo las acciones correctivas cuando un producto o servicio se está produciendo.

Gráfica de control

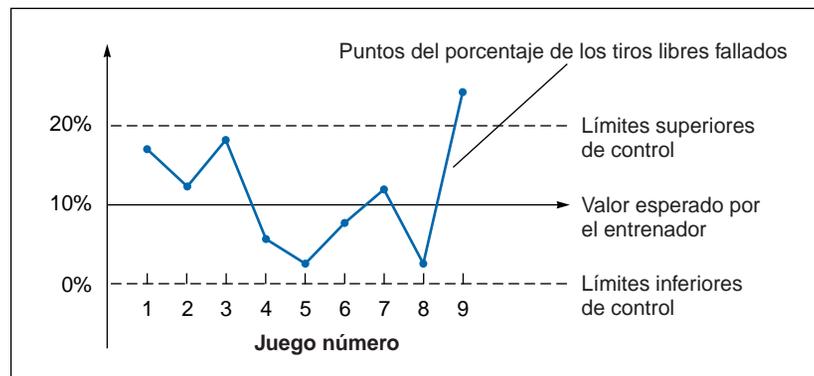
Presentaciones gráficas de los datos de un proceso en el tiempo con límites de control predeterminados.

Inspección

Medio de asegurar que una operación está produciendo en el nivel de calidad esperado.

FIGURA 13.7 ■

Gráfica de control para los tiros libres fallados por los Toros de Chicago durante sus primeros nueve juegos de la nueva temporada



cualquier problema en el proceso. Las inspecciones no corrigen las deficiencias en un sistema ni los defectos en un producto; tampoco cambian el producto ni incrementan su valor. Las inspecciones sólo encuentran las deficiencias y defectos y son costosas.

Se debe pensar en la inspección como una auditoría; las auditorías no agregan valor al producto. Sin embargo, los administradores de operaciones, igual que los administradores financieros, necesitan las auditorías y necesitan saber cuándo y dónde auditar. Por lo tanto, existen dos aspectos básicos relacionados con la inspección: **1. cuándo inspeccionar** y **2. dónde inspeccionar**.

Cuándo y dónde inspeccionar

Decidir dónde y cuándo inspeccionar depende del tipo de proceso y el valor agregado en cada etapa. Las inspecciones (auditorías) se llevan a cabo en cualquiera de los siguientes puntos:

1. En la planta de su proveedor mientras el proveedor está produciendo.
2. En sus instalaciones al recibir los bienes de su proveedor.
3. Antes de procesos costosos o irreversibles.
4. Durante un proceso de producción paso a paso.
5. Cuando la producción o servicio se completen.
6. Antes de entregar en sus instalaciones.
7. En el punto de contacto con el cliente.

Uno de los temas en nuestro análisis de la calidad es que “la calidad no se puede inspeccionar dentro de un producto”.

Las siete herramientas de TQM analizadas en la sección previa ayudan en esta decisión de “cuándo y dónde inspeccionar”. Sin embargo, la inspección no sustituye un producto robusto producido por empleados bien capacitados a través de un buen proceso. En un experimento realizado por una empresa de investigación independiente, se agregaron cien piezas defectuosas a un lote de artículos “perfecto” y fueron sometidas a una inspección de 100%.¹⁰ Los inspectores encontraron sólo 68 de las piezas defectuosas en la primera inspección. Sólo después de tres revisiones los inspectores encontraron los siguientes 30 defectos. Los últimos dos defectos nunca se encontraron. La conclusión es que lo importante es saber que en el proceso de inspección hay variabilidad. Además, los inspectores son seres humanos: se cansan, se aburren y el propio equipo de inspección tiene variabilidad. Incluso en una inspección de 100% los inspectores no pueden garantizar la perfección. En consecuencia, los buenos procesos y la delegación de autoridad en los empleados son casi siempre una mejor solución que tratar de encontrar los defectos mediante la inspección.

Por ejemplo, en Velcro Industries, como en muchas organizaciones, los operarios de las máquinas veían a la calidad como el trabajo de “aquellas personas del departamento de calidad”. Las inspecciones tenían como base el muestreo aleatorio y si una parte se veía mal se eliminaba; la compañía decidió poner más atención en los operarios, la reparación y el diseño de maquinaria, los métodos de medición, la comunicación y las responsabilidades, así como invertir más dinero en capacitación. Con el paso del tiempo conforme disminuyeron los defectos, Velcro pudo eliminar a la mitad de las personas de control de calidad que intervenían en el proceso.

Inspección de la fuente

La mejor inspección se piensa como no inspeccionar; esta “inspección” siempre se realiza en la fuente, sólo significa hacer el trabajo de manera apropiada con el operario asegurando que así se haga. A esto se le llama **inspección de la fuente** (o control de la fuente) y es congruente con el concepto de delegación de autoridad, donde cada empleado supervisa su propio trabajo. La idea es que cada proveedor, proceso y empleado *trate el siguiente paso en el proceso como si fuera el cliente*, para asegurar un producto perfecto al siguiente “cliente”. Esta inspección se apoya con listas de revisión y controles tales como el mecanismo libre de fallas denominado *poka-yoke*, término tomado del japonés.

El **poka-yoke** es un dispositivo a prueba de tontos o técnica que asegura la producción de unidades buenas todo el tiempo.¹¹ Estos dispositivos especiales evitan errores y proporcionan retroalimentación sobre los problemas. Un ejemplo sencillo de un mecanismo poka-yoke es la pistola de la bomba de gasolina con plomo que no entra en la boca del tanque de gasolina “sin plomo” de su coche. En McDonald’s el cucharón de las papas fritas y la bolsa de tamaño estándar usados para medir la cantidad exacta son poka-yokes. Del mismo modo, en un hospital, el preempacado de material quirúrgico que contiene exactamente los artículos necesarios para una operación es un dispositivo poka-yoke. Las listas de verificación son otro tipo de poka-yoke. La idea de la inspección de la fuente y poka-yokes es asegurar la entrega de 100% de productos o servicios buenos en cada paso del proceso.

Inspección de la fuente

Control y supervisión en el punto de producción o venta, en la fuente.

Poka-yoke

Traducido literalmente “a prueba de tontos” ha empezado a significar un mecanismo o técnica para asegurar la producción de una unidad cada vez con menos defectos.

¹⁰Statistical Quality Control (Springfield, MA: Nonsanto Chemical Company, n.d.): 19.

¹¹Encuentra un análisis más profundo en Alan Robinson, *Modern Approaches to Management Improvement: The Singo System* (Cambridge, MA: Productivity Press, 1990).

El análisis de los buenos métodos y las herramientas apropiadas puede dar como resultado dispositivos poka-yokes que mejoren la calidad y la velocidad. Aquí, se observan dos poka-yokes. Primera, el cucharón de aluminio automáticamente coloca las papas fritas en forma vertical y, segunda, el contenedor de tamaño adecuado asegura que la porción servida sea la correcta. Esta combinación también acelera la entrega y garantiza que las papas fritas se sirvan justo como el cliente las solicita.



Inspección en la industria del servicio

En las organizaciones orientadas al *servicio*, los puntos de inspección se asignan en una amplia variedad de lugares, como se ilustra en la tabla. 13.3. De nuevo el administrador de operaciones debe decidir dónde se justifican las inspecciones y dónde son útiles las siete herramientas de TQM al elaborar estos juicios.

Inspección por atributos contra variables

Cuando se lleva a cabo la inspección, las características de calidad se miden como *atributos* o *variables*. La **inspección por atributos** clasifican los artículos en buenos y defectuosos. No hace caso del *grado* de la falla. Por ejemplo, el foco enciende o no. La **inspección por variables** mide dimensiones como, peso, velocidad, altura, o fuerza para ver si un artículo cae dentro del intervalo aceptable. Si se supone una pieza de alambre eléctrico tiene un diámetro de 0.01 pulgadas, suele utilizarse un micrómetro para observar si el producto se acerca lo suficiente para pasar la inspección.

Saber si se inspeccionan atributos o variables ayuda a decidir qué enfoque de control estadístico de la calidad se debe tomar, como se observará en el suplemento de este capítulo.

Inspección por atributos

Verificación que clasifica los artículos como buenos o defectuosos.

Inspección por variables

Clasificación de los artículos inspeccionados como si cayeran en una escala continua de dimensión, tamaño o fuerza.

TABLA 13.3 ■

Ejemplos de inspección en los servicios

| ORGANIZACIÓN | LO QUE SE INSPECCIONA | ESTÁNDAR |
|--------------------------------|--|--|
| Despacho de abogados de Jones | Desempeño de recepcionista Facturación Abogado | Contestar el teléfono al segundo timbre Precisa, oportuna y en el formato correcto Rapidez en regresar llamadas |
| Hotel Hard Rock | Recepción en mostrador Portero Habitación Minibar | Empleo del nombre del cliente Dar la bienvenida al huésped antes de 30 segundos Todas las luces funcionando, baño perfectamente limpio Resurtido y los cargos reflejados con precisión en la factura |
| Bayfield Community Hospital | Facturación Farmacia Laboratorio Enfermeras Admisiones | Precisa, oportuna y en el formato correcto Precisión en prescripciones e inventario Auditoría para prueba de precisión de laboratorio Actualización inmediata del expediente clínico Introducción de datos correcta y completa |
| Hard Rock Cafe | Ayudante de camarero Ayudante de camarero Meseros | Servir agua y pan en 1 minuto Retirar todos los artículos de comida y limpiar migajas antes del postre Conocer y sugerir los platos especiales y postres |
| Tienda departamental Nordstrom | Áreas de exhibición Almacén Cajeras | Atractivas, bien organizadas, surtidas, buena iluminación Rotación de productos, organizados, limpios Pulcras, corteses y muy conocedoras |

TQM EN LOS SERVICIOS

El componente subjetivo de los servicios es más difícil de medir que la calidad de un componente tangible. Casi siempre, el usuario de un servicio, como el usuario de un bien, tiene en mente características que forman una base para comparar entre las alternativas. La carencia de cualquier característica evitaría que el servicio sea sujeto de mayores consideraciones. La calidad también se percibe como un conjunto de atributos donde muchas de las características menores son superiores a las de la competencia. Este enfoque de la comparación del producto difiere un poco entre bienes y servicios. Sin embargo, lo que es muy diferente sobre la selección de los servicios es la escasa definición de las **1. diferencias intangibles entre productos** y **2. las expectativas intangibles del cliente sobre dichos productos**.¹² En realidad, los atributos intangibles tal vez ni siquiera estén definidos. A menudo existen imágenes no habladas en la mente del comprador. Por estos aspectos de marketing como publicidad, imagen y promoción llegan a establecer una diferencia.

El administrador de operaciones juega un papel significativo al abordar varios aspectos importantes de la calidad en el servicio. Primero, *el componente tangible de muchos servicios es importante*. Lo bien o mal que se haya diseñado y producido un servicio establece una diferencia. Puede tratarse de la precisión, la claridad, o que estén todos los elementos incluidos en la factura de un hotel, qué tan caliente se sirve la comida en Taco Bell o qué tan bien responde su automóvil después de recogerlo del taller.

Segundo, otro aspecto del servicio y la calidad en el servicio es el proceso. Observe en la tabla 13.4 que nueve de diez de las determinantes de calidad en el servicio se relacionan con los *procesos del servicio*. Aspectos como la confiabilidad y la cortesía son parte del proceso. El administrador de operaciones *diseña procesos (productos de servicio) que tengan estos atributos* y aseguren su calidad a través de las técnicas de TQM analizadas en este capítulo.

Tercero, el administrador de operaciones debe tomar en cuenta que las expectativas del cliente son el estándar contra el cual se juzga el servicio. Las percepciones del cliente sobre la calidad en el servicio son el resultado de la comparación entre sus expectativas antes del servicio y su experiencia real del servicio. En otras palabras, la calidad en el servicio se juzga con base en el cumplimiento de las expectativas. *El administrador influye tanto en la calidad del servicio como en las expectativas*. No prometa más de lo que sea capaz de dar.

Cuarto. El administrador debe esperar excepciones. Hay un nivel estándar de calidad al cual se entrega el servicio en forma regular, como el manejo de una transacción por parte de la cajera de un banco. No obstante, “hay excepciones” o “problemas” iniciados por el cliente o por condiciones de operación inferiores a las óptimas (por ejemplo, se descompone la computadora). Esto implica que el sistema de control de la calidad debe reconocer y *contar con un conjunto de planes alternativos para las condiciones de operación inferiores a lo óptimo*.

TABLA 13.4 ■

Factores determinantes de la calidad en el servicio

Confiabilidad implica la congruencia entre el desempeño y la seguridad. Significa que la empresa ejecuta bien el servicio la primera vez y que la empresa cumple sus promesas.

Respuesta se refiere a la voluntad y la prontitud con que los empleados prestan el servicio. Implica tiempos límite del servicio.

Competencia significa que se poseen las destrezas o el conocimiento requerido para desempeñar el servicio.

Accesibilidad supone la capacidad de acercarse y establecer contacto.

Cortesía incluye gentileza, respeto, consideración, trato amable del personal de atención al público (repcionista, operadores de teléfono, etcétera).

Comunicación significa tener informado al cliente en un lenguaje que pueda comprender así como escucharlos.

Esto significaría que la compañía necesite ajustar su lenguaje para diferentes clientes; aumentando el nivel de sofisticación con el cliente bien educado y hablando de manera simple y llana con el cliente común.

Credibilidad quiere decir confianza, credibilidad y honestidad. Involucra realmente tener en cuenta los intereses del cliente.

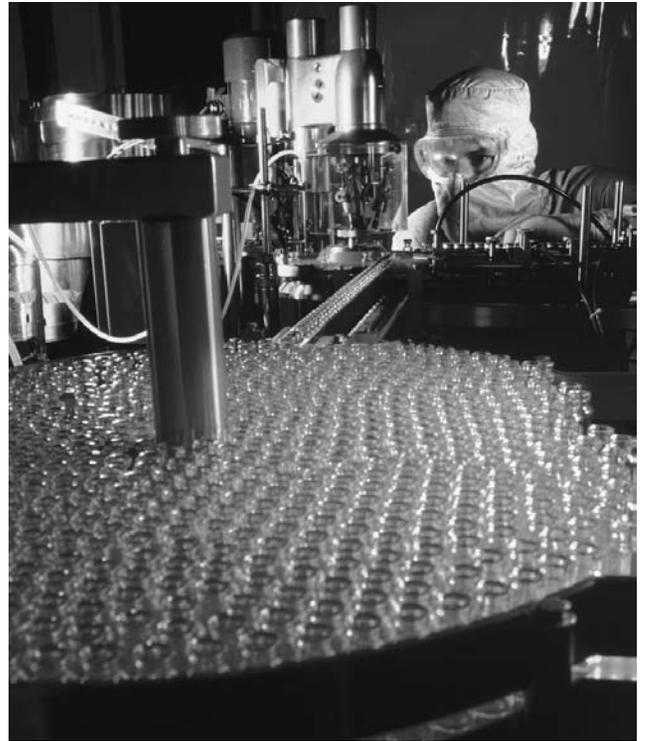
Seguridad es estar libre de peligro riesgo o duda.

Comprensión o conocimiento del cliente implica hacer el esfuerzo por comprender las necesidades del cliente. Los aspectos **tangibles** incluyen la evidencia física del servicio.

Fuente: Condensado con autorización del *Journal of Marketing*, publicado por la American Marketing Association de A. Parasuraman, Valarie A. Zeithaml y Leonard L. Berry (otoño de 1985): 44.

¹²L. Berry, V. Zeithaml y A. Parasuraman, “Quality Counts in Services, Too”, *Business Horizons* (mayo-junio de 1985): 45-46.

El diseño del proceso de alta calidad para el llenado de estos frascos farmacéuticos, en condiciones de esterilidad, es mucho más fructificante que tener a un inspector para que evalúe el conteo de bacterias en los frascos llenos como resultado de un sistema deficiente. Los sistemas de buena calidad se enfocan en procesos de calidad y no en inspecciones después de los hechos.



Diseñar el producto, administrar el proceso de servicio, igualar las expectativas del cliente con el producto y preparar las excepciones son claves para la calidad en los servicios. El recuadro *AO en acción*, “Espías de Richey International”, proporciona otra visión de cómo los administradores de operaciones mejoran la calidad en los servicios.

AO EN ACCIÓN

Espías de Richey International

¿Cómo mantienen su calidad los hoteles de lujo? Inspeccionan. Pero, cuando el producto es un servicio uno a uno, que depende en gran medida del comportamiento personal, ¿cómo realizar la inspección? ¡Contratando espías!

Richey International es el espía. Tanto los hoteles selectos y centros vacacionales como las cadenas intercontinentales en todo el mundo han contratado a Richey para evaluar su calidad a través del espionaje. Los empleados de Richey, haciéndose pasar por clientes, realizan la inspección. Sin embargo, la administración debe haber establecido las expectativas del cliente y los servicios específicos que llevan a la satisfacción del cliente. Sólo entonces los administradores de operaciones sabrán dónde y cómo inspeccionar. La capacitación rigurosa y las inspecciones objetivas refuerzan los comportamientos capaces de satisfacer las expectativas del cliente.

Los hoteles contratan a los inspectores disfrazados de Richey para asegurar su desempeño en estándares exigentes. Los hoteles no saben cuándo se llevará a cabo una evaluación ni los “alias” que se usarán. Se evalúan más de 50 estándares distintos antes de que los inspectores lleguen

siquiera a registrarse en un hotel de lujo. Durante las siguientes 24 horas y usando listas de revisión, grabaciones en video y fotografías, preparan por escrito los informes e incluyen la evaluación de estándares como:

- ¿El portero da la bienvenida a cada huésped en menos de 30 segundos?
- ¿El encargado del mostrador principal usa el nombre del huésped mientras se registra?
- ¿Están la tina y la regadera impecables?
- ¿Cuántos minutos pasan desde que el cliente se sienta a desayunar hasta que se le sirve un café?
- ¿El mesero estableció contacto visual con el cliente?
- ¿Se facturaron de manera correcta los cargos por minibar?

Estándares establecidos, capacitación rigurosa e inspecciones son parte del esfuerzo de TQM en estos hoteles. La calidad no ocurre por accidente.

Fuentes: The Wall Street Journal (12 de mayo de 1999): B1, B12; y Forbes (5 de octubre de 1998): 88-89.

RESUMEN

Calidad es un término que significa distintas cosas para diferentes personas. En este capítulo se define como “la totalidad de aspectos y características de un producto o servicio que respaldan su capacidad para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas”. La definición de las expectativas de calidad es crucial para las operaciones eficaces y eficientes.

La calidad requiere la construcción de un entorno de administración de la calidad total (TQM), porque la calidad no se puede inspeccionar en un producto. El capítulo también analiza seis conceptos de TQM: mejora continua, delegación de autoridad en empleados, punto de comparación, justo a tiempo, conceptos de Taguchi y el conocimiento de las herramientas de TQM. Las siete herramientas de TQM que se tratan en este capítulo son hojas de verificación, diagramas de dispersión, diagramas causa y efecto, gráficas de Pareto, diagramas de flujo, histogramas y control estadístico de procesos (SPC).

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|--|---|
| Calidad | Calidad orientada a una meta |
| Costo de la calidad (COQ) | Diagrama causa-efecto, diagrama de Ishikawa o diagrama de pescado |
| ISO 9000 | Gráficas de Pareto |
| ISO 14000 | Diagramas de flujo |
| Administración de la calidad total (TQM) | Control estadístico de procesos (SPC) |
| PHRA | Gráfica de control |
| <i>Kaizen</i> | Inspección |
| Six sigma | Inspección de la fuente |
| Delegación de autoridad en los empleados | Poka-yoke |
| Círculo de calidad | Inspección por atributos |
| Punto de comparación | Inspección por variables |
| Calidad robusta | |
| Función de pérdida de calidad (QLF) | |

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet
- Casos en Internet

**PREGUNTAS PARA ANALIZAR**

1. Explique de qué forma una mejor calidad bajaría los costos.
2. Como un ejercicio en Internet, determine el criterio del premio Baldrige. Visite el sitio www.quality.nist.gov.
3. ¿De los 14 puntos de Deming, cuáles son los tres que considera más importantes para el éxito de un programa TQM? ¿Por qué?
4. Enumere los seis conceptos necesarios para un programa de TQM efectivo. ¿Cómo se relacionan con los 14 puntos de Deming?
5. Mencione tres personas importantes asociadas con los conceptos de calidad estudiados en este capítulo. En cada caso, escriba una frase que resuma la contribución principal de cada uno al campo de la administración de la calidad.
6. ¿Cuáles son las siete herramientas de TQM?
7. ¿De qué forma el temor en el lugar de trabajo (y en el salón de clases) inhibe el aprendizaje?
8. ¿De qué forma una universidad controla la calidad de sus resultados (es decir sus alumnos graduados)?
9. Philip Crosby sugirió que la calidad es gratuita. ¿Por qué?
10. Enumere los tres conceptos centrales del enfoque Taguchi.
11. ¿Cuál es el propósito de usar una gráfica de Pareto para un problema determinado?
12. ¿Cuáles son las cuatro categorías amplias de “causas” que ayudan a la estructura inicial de un diagrama de Ishikawa o diagrama de causa y efecto?

- 13. De los diversos puntos donde puede ser necesaria la inspección, ¿cuáles se aplican especialmente bien en la manufactura?
- 14. ¿Qué papel desempeñan los administradores de operaciones en la orientación de los aspectos principales de la calidad del servicio?

- 15. Explique con sus propias palabras qué significa *inspección de la fuente*.
- 16. ¿Cuáles son los diez factores determinantes de la calidad en el servicio?
- 17. Mencione algunos productos que no requieran alta calidad.
- 18. ¿Qué significa la fórmula $L = D^2C$?

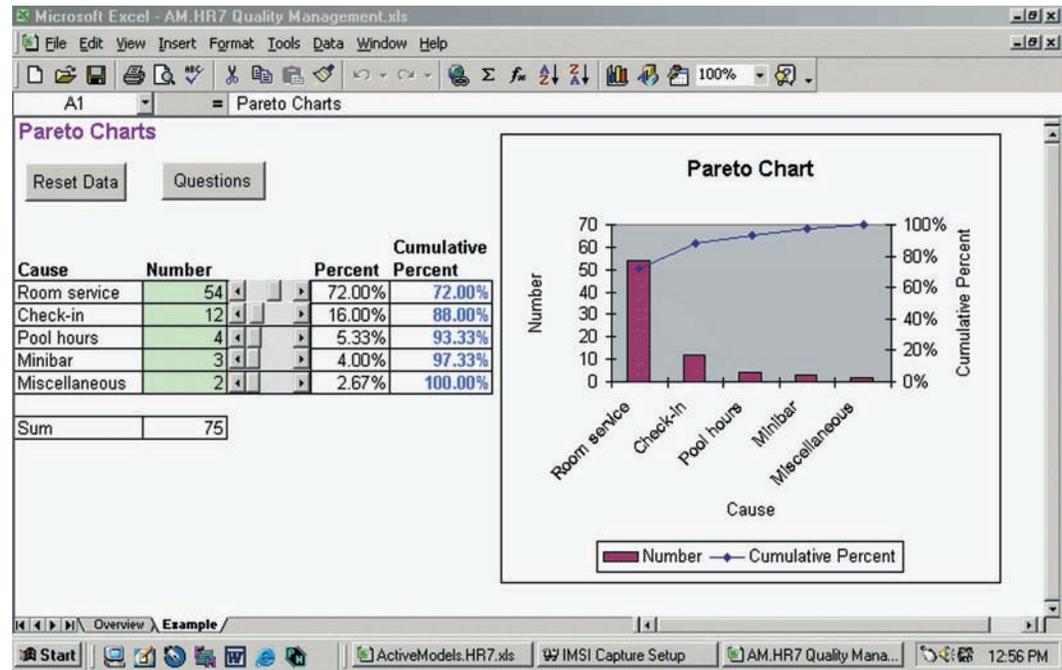
EJERCICIO DE RAZONAMIENTO CRÍTICO

En este capítulo sugerimos que la integración de la calidad en un proceso y las personas que intervienen en él es difícil. Las inspecciones también son difíciles. Sólo para indicar qué tan difíciles son las inspecciones, cuente el número de letras E (mayúsculas y minúsculas) que hay en el recuadro AO

en acción, “Espías de Richey International” (incluido el título pero no el pie de página. ¿Cuántas encontró? Si cada estudiante las cuenta individualmente, lo más seguro es que usted encuentre una distribución más que un solo número.

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este Modelo activo le permite evaluar elementos importantes de la gráfica de Pareto.



MODELO ACTIVO 13.1 ■

Análisis de Pareto de los datos del hotel en el ejemplo 1

Preguntas

- 1. ¿Qué porcentaje de defectos globales representan las reclamaciones del servicio al cuarto?
- 2. Si pudiéramos reducir las reclamaciones del servicio al cuarto a la mitad, ¿cómo afectaría esto la gráfica?

PROBLEMAS

- 13.1 Desarrolle un análisis de Pareto sobre las siguientes causas de demora en el proceso de producción de Lument Technology. ¿Cuál es su conclusión?

| RAZÓN DEL RETRASO | FRECUENCIA |
|---------------------------------------|------------|
| Esperar la decisión de los ingenieros | 11 |
| No se dispone de esquemas | 10 |
| Equipo de pruebas descompuesto | 22 |
| Demora en la inspección | 15 |
| Partes inadecuadas | 40 |
| Falta de personal disponible | 3 |

- 13.2 Desarrolle un diagrama de dispersión para dos variables de interés (por ejemplo, las páginas de un periódico por día de la semana; véase el ejemplo en la figura 13.5b).
- 13.3 Desarrolle un análisis de Pareto para las siguientes causas de bajas calificaciones en un examen:

| RAZONES DE BAJA CALIFICACIÓN | FRECUENCIA |
|--|------------|
| Tiempo insuficiente para terminar | 15 |
| Retraso para llegar al examen | 7 |
| Dificultad para comprender el material | 25 |
| Tiempo insuficiente de preparación | 2 |
| Estudio del material equivocado | 2 |
| Distracciones en el aula de examen | 9 |
| Se acabaron las baterías de la calculadora durante el examen | 1 |
| Olvido de la fecha del examen | 3 |
| Sentirse enfermo durante el examen | 4 |

- 13.4 Desarrolle un histograma para el tiempo que les llevó a usted y sus amigos, obtener seis órdenes recientes en un restaurante de comida rápida.
- : 13.5 Observe la operación de una ventanilla de pedidos de un restaurante de comida rápida fuera de las horas pico. Registre cada vez que llega un coche a la ventanilla de pedidos o al final de la línea de espera. Anote también el número de personas que van en el vehículo. Después registre el tiempo de recorrido completo del auto (tiempo entre llegada y salida). (Incluya 30 o más vehículos en su estudio.)
Con estos datos, construya un diagrama de dispersión de las dos variables: número de ocupantes en cada vehículo y tiempo de recorrido total. Use a los ocupantes como variable X. ¿Parece haber alguna relación entre las dos variables?
- : 13.6 Elabore un diagrama de flujo (como en la figura 13.5e y el ejemplo 2) que muestre todos los pasos que implica la planeación de una fiesta.
- : 13.7 Considere los tipos de malos hábitos de manejo que puedan ocurrir en un semáforo. Elabore una lista con los diez que usted cree que tienen mayor probabilidad de ocurrir. Agregue la categoría “otro” a su lista.
 - a) Elabore una hoja de verificación (como en la figura 13.5a) para registrar la frecuencia de ocurrencia de estos hábitos. Con su hoja de verificación, acuda al cruce de dos calles muy transitadas, cuatro horas distintas del día, dos de esas horas deben ser de mucho tráfico (entrada al trabajo, salida a comer). Durante 15 o 20 minutos en cada visita observe la frecuencia con que ocurren los hábitos de su lista.
 - b) Construya una gráfica de Pareto que muestre la frecuencia relativa de ocurrencia de cada hábito.
- : 13.8 Dibuje un diagrama de pescado con detalles de las razones por las que un tornillo podría no estar bien ajustado a una tuerca en una línea de ensamble.
- : 13.9 Considere la tarea cotidiana de llegar a tiempo al trabajo o llegar a tiempo a la primera clase de la mañana. Dibuje un diagrama de pescado que muestre las razones por las que podría llegar tarde en las mañanas.
- : 13.10 Construya un diagrama de causa y efecto que refleje el siguiente enunciado: “los estudiantes están insatisfechos con los procesos de inscripción”. use el método de las “4 M” o genere su propio esquema de organización. Incluya cuando menos 12 causas.
- : 13.11 Dibuje un diagrama de pescado para describir las razones que podrían dar lugar a que su cuenta muestre una cuota equivocada cuando llega a pagar su inscripción a la escuela.
- : 13.12 Mary Beth Marrs, gerente de un complejo de departamentos, se siente abrumada por el número de reclamaciones que está recibiendo. La tabla presenta la hoja de verificación que registró durante las últimas 12 semanas. Desarrolle una gráfica de Pareto con esta información. ¿Cuáles son sus recomendaciones?

| SEMANA | JARDINES | EST./ ENTRADAS | ALBERCA | PROB. DE INQUILINOS | ELECTRICIDAD/ PLOMERÍA |
|--------|----------|-------------------|---------|------------------------|---------------------------|
| 1 | ✓✓✓ | ✓ | ✓ | ✓✓✓ | |
| 2 | ✓ | ✓✓✓ | ✓✓ | ✓✓ | ✓ |
| 3 | ✓✓✓ | ✓✓✓ | ✓✓ | ✓ | |
| 4 | ✓ | ✓✓✓✓ | ✓ | ✓ | ✓✓ |
| 5 | ✓✓ | ✓✓✓✓ | ✓✓✓✓ | ✓✓ | |
| 6 | ✓ | ✓✓✓✓ | ✓✓ | ✓ | |
| 7 | | ✓✓✓ | ✓✓ | ✓✓ | |
| 8 | ✓ | ✓✓✓✓✓ | ✓✓ | ✓✓✓ | ✓ |
| 9 | ✓ | ✓✓ | ✓ | ✓ | |
| 10 | ✓ | ✓✓✓✓ | ✓✓ | ✓✓ | |
| 11 | | ✓✓✓ | ✓✓ | ✓ | |
| 12 | ✓✓ | ✓✓✓ | ✓✓✓ | ✓ | |

- 13.13 Emplee el análisis de Pareto para investigar los datos recolectados en la línea de ensamble de tarjetas de circuitos impresos.
- Prepare una gráfica con los datos.
 - ¿A qué conclusiones llegó?

| DEFECTO | NÚM. DE OCURRENCIAS DEL DEFECTO |
|---|---------------------------------|
| Los componentes no se adhieren | 143 |
| Exceso de adhesivo | 71 |
| Transistores mal ubicados | 601 |
| Dimensión defectuosa de la tarjeta | 146 |
| Perforaciones de montaje en posición incorrecta | 12 |
| Problemas de circuito en la prueba final | 90 |
| Componente equivocado | 212 |

- 13.14 Un taller de reparación de automóviles registró las siguientes reclamaciones. Úselas para preparar un diagrama de causa y efecto con base en las “4 M” (es decir, etiquete el diagrama y coloque cada reclamación en la rama correspondiente).
- Cobró de más; sus tarifas de mano de obra son demasiado altas.
 - El mecánico dejó engrasado el asiento del conductor.
 - Desearía que se pudieran hacer citas para servicio y reparaciones.
 - No terminaron mi carro cuando lo prometieron.
 - La parte que reemplazaron falló.
 - La refacción no es tan buena como la parte original.
 - No apretaron bien el tapón del aceite, está goteando.
 - Mi problema es sencillo y fácil de arreglar. ¿Por qué no se hacen cargo de él ahora mismo y dejan para después las reparaciones que llevan más tiempo?
 - La estimación de su presupuesto estaba muy lejos de la realidad.
 - Traje mi automóvil para un simple cambio de aceite, pero ustedes hicieron eso y también una afinación completa.
 - Su mecánico sólo cambia partes, no tiene la menor idea de lo que le pasa a mi coche.
 - No creo que su computadora de diagnóstico esté funcionando bien.
 - Me cobraron por un trabajo que no hicieron.

- 13.15 Desarrolle un diagrama de flujo para una de las siguientes situaciones:
- Llenado del tanque de gasolina en una estación de autoservicio.
 - Determinar el balance de su cuenta y realizar un retiro en un cajero automático.
 - Recibir un cono de helado de yogurt en una nevería.

- 13.16 Southwest Wood Treating ha recibido muchas reclamaciones de su cliente principal, Home Station, por la calidad de sus embarques de productos tratados a presión. Rick Summers, gerente de la planta, está preocupado porque un cliente le proporcionó la única información con que cuenta la compañía sobre la calidad de sus embarques. Decidió recabar información de los embarques defectuosos mediante un formato que los choferes deben llenar al llegar a las tiendas de sus clientes. Se ha recibido los formatos de los primeros 284 embarques registrados, y muestran los siguientes datos de las últimas ocho semanas:

| SEMANA | NÚM. DE EMBARQUES | NÚM. DE EMBARQUES CON DEFECTO | RAZÓN DE EMBARQUE DEFECTUOSO | | | |
|--------|-------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------------|
| | | | NOTA DE EMBARQUE EQUIVOCADA | CARGA EN CAMIÓN EQUIVOCADO | PRODUCTO DAÑADO | RETRASO DE CAMIONES |
| 1 | 23 | 5 | 2 | 2 | 1 | |
| 2 | 31 | 8 | 1 | 4 | 1 | 2 |
| 3 | 28 | 6 | 2 | 3 | 1 | |
| 4 | 37 | 11 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| 5 | 35 | 10 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 6 | 40 | 14 | 5 | 6 | 3 | |
| 7 | 41 | 12 | 3 | 5 | 3 | 1 |
| 8 | 44 | 15 | 4 | 7 | 2 | 2 |

Si bien Rick incrementó su capacidad agregando más trabajadores a su contingente normal de 30 personas, sabía bien que durante muchas semanas había superado el resultado normal de 30 embarques a la semana. Una revisión de su rotación durante las ocho semanas muestra lo siguiente:

| SEMANA | NÚM. DE NUEVOS CONTRATADOS | NÚM. DE CONT. CANCELADOS | NÚM. TOTAL DE TRABAJADORES |
|--------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 30 |
| 2 | 2 | 1 | 31 |
| 3 | 3 | 2 | 32 |
| 4 | 2 | 0 | 34 |
| 5 | 2 | 2 | 34 |
| 6 | 2 | 4 | 32 |
| 7 | 4 | 1 | 35 |
| 8 | 3 | 2 | 36 |

- a) Desarrolle un diagrama de dispersión usando el número total de embarques y el número de embarques defectuosos. ¿Parece haber alguna relación?
- b) Desarrolle un diagrama de dispersión con la variable “rotación” (número de nuevos contratados más el número de contratos terminados) y el número de embarques defectuosos. ¿Considera que el diagrama describe alguna relación entre las dos variables?
- c) Desarrolle una gráfica de Pareto para el tipo de defectos que han ocurrido.
- d) Dibuje un diagrama de pescado que muestre las posibles causas de los embarques defectuosos.



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página en Internet en www.pearsoneducacion.net/heizer para ver los siguientes problemas adicionales de tarea: del 6.17 al 6.20.

CASO DE ESTUDIO

Southwestern University: (C) *

La popularidad del programa de fútbol de Southwestern University ha resurgido cada año desde la llegada de su nuevo entrenador Bo Pitterno, hace cinco años, al colegio de Stephenville, Texas. Con el estadio de Southwestern cerrado por la ampliación a 54,000 asientos y la presión del entrenador para que terminen el nuevo estadio, el presidente de SWU, Joel Wisner, enfrenta varias decisiones difíciles. Después de lograr la victoria sobre su archienemigo, la University of Texas, en el partido de bienvenida el otoño pasado, el doctor Wisner no está tan contento como se esperaba. En lugar de recibir el entusiasmo de ex alumnos, estudiantes, docentes y la comunidad, todo lo que Wisner escuchó fueron reclamos. “Las colas en los locales de los concesionarios eran demasiado largas”, “fue más difícil encontrar estacionamiento y estuvo más lejos que

en los años anteriores” (es decir, antes de que el equipo ganara con regularidad), “los asientos no eran cómodos”, “el tráfico llegaba hasta la mitad del camino a Dallas”, etcétera. “El presidente de una universidad simplemente no gana”, se decía a sí mismo Wisner.

Durante la reunión con su personal el siguiente lunes, Wisner se dirigió a su vicepresidente de administración, Leslie Gardner: “desearía que usted se hiciera cargo de las reclamaciones del futbol, Leslie. Vea cuáles son los verdaderos problemas e infórmeme cómo piensa resolverlos”. La petición no pareció sorprender a Gardner, “ya empecé a estudiarlo, Joel”, respondió. “Hemos estado encuestando a 50 seguidores por juego durante el último año para saber qué es lo que piensan. Todo esto es parte del esfuerzo de TQM en todo el campus. Sólo permíteme revisar unas cuantas cosas y me pondré en contacto la próxima semana.”

Al regresar a su oficina, Gardner tomó el fólder que su asistente había compilado (tabla 13.5), lo revisó y pensó, “hay muchísima información aquí”.

TABLA 13.5

Resultados de la encuesta sobre satisfacción de los seguidores (N = 250)

| | | CALIFICACIÓN GENERAL | | | | |
|----------------------|---------------------------|----------------------|-----|-----|----|----|
| | | A | B | C | D | E |
| DÍA DE JUEGO | A. Estacionamiento | 90 | 105 | 45 | 5 | 5 |
| | B. Tráfico | 50 | 85 | 48 | 52 | 15 |
| | C. Asientos | 45 | 30 | 115 | 35 | 25 |
| | D. Entretenimiento | 160 | 35 | 26 | 10 | 19 |
| | E. Programa impreso | 66 | 34 | 98 | 22 | 30 |
| BOLETOS | A. Precios | 105 | 104 | 16 | 15 | 10 |
| | B. Abonos por temporada | 75 | 80 | 54 | 41 | 0 |
| CONCESIONES | A. Precios | 16 | 116 | 58 | 58 | 2 |
| | B. Opciones de comida | 155 | 60 | 24 | 11 | 0 |
| | C. Rapidez del servicio | 35 | 45 | 46 | 48 | 76 |
| ENTREVISTADOS | | | | | | |
| | Ex alumnos | 113 | | | | |
| | Estudiantes | 83 | | | | |
| | Docentes/administrativos | 16 | | | | |
| | Ninguno de los anteriores | 38 | | | | |

COMENTARIOS LIBRES EN TARJETAS DE ENCUESTA:

| | | |
|--|---|--|
| El estacionamiento es un lío | Las colas están tremendas | Me tomó una hora estacionarme |
| Agreguen palcos | Los asientos son incómodos | El entrenador es maravilloso |
| Consigan mejores porristas | Yo pagaría más por ver mejor | Pongan más bebederos |
| Dupliquen los encargados del estacionamiento | Hagan un nuevo estadio | Mejoren los asientos |
| Todo está bien | Los estudiantes necesitan un código de vestuario | Los asientos son incómodos |
| Demasiado lleno | Quiero asientos acojinados | Agranden el estacionamiento |
| Asientos muy angostos | No hay suficiente policía | Soy demasiado viejo para los asientos de banca |
| Buena comida | Estudiantes demasiado rudos | No sirven café durante el juego |
| ¡Joe P. para presidente! | El estacionamiento es terrible | Mi compañía va a comprar un palco ¡constrúyanlo! |
| Olí que alguien fumaba droga | Los baños no estaban limpios | Programas muy caros |
| El estadio es muy viejo | No hay suficientes espacios para discapacitados en el estacionamiento | Quiero asientos más suaves |
| Los asientos parecen de piedra | Bien hecho, SWU | ¡Acaben con esos Longhorns! |
| No hay suficientes policías para el tráfico | Pongan asientos más grandes | Yo pagaría por un palco |
| Los juegos comienzan muy tarde | Los acomodadores son amables | La banda estuvo magnífica |
| Contraten más policías para el tráfico | Necesitan mejores asientos | Amo a Pitterno |
| Necesitan una nueva banda | Amplíen los lotes de estacionamiento | Todo maravilloso |
| ¡Grandioso! | Odio los asientos en gradas | Construyan un nuevo estadio |
| Necesitan más puestos de hot dogs | Los <i>hot dogs</i> estaban fríos | Muevan los juegos a Dallas |
| Los asientos son totalmente de metal | ¿3 dólares por un café? No es posible | Sin quejas |
| Necesitan palcos | Pongan palcos | Baños sucios |
| Los asientos apestan | Preciosos los nuevos uniformes | Asientos demasiado pequeños |
| ¡Adelante SWU! | | |

Preguntas para analizar

1. Empleando cuando menos dos herramientas de TQM, analice los datos y presente sus conclusiones.
2. ¿Cómo podría haber sido más útil la encuesta?
3. ¿Cuál es el siguiente paso?

* Este caso integrado se presenta a lo largo del libro. Otros aspectos que enfrenta Southwestern University con su estadio de fútbol son: (A) Administración del proyecto de renovación; (B) Pronóstico de la asistencia a los juegos; (D) Planeación de inventario para los programas de fútbol; (E) Programación de oficiales/personal de seguridad del campus para los días de juego.

CASO DE ESTUDIO EN VIDEO**Calidad en Ritz-Carlton Hotel Company**

Ritz-Carlton. Este nombre por sí solo evoca imágenes de lujo y calidad. Como la primera compañía de hoteles en ganar el Premio Nacional de Calidad Malcolm Baldrige, el Ritz maneja la calidad como si fuera la razón de ser de la compañía. Esto significa el compromiso diario con la satisfacción de las expectativas del cliente y asegurar que cada hotel esté libre de deficiencias.

En la industria hotelera la calidad llega a ser difícil de cuantificar. Los huéspedes no compran un producto cuando se hospedan en el Ritz, compran una experiencia. En consecuencia, crear la combinación correcta de elementos que hagan sobresalir dicha experiencia es la meta y el desafío de cada empleado, desde el mantenimiento hasta la administración.

Antes de competir por el Premio Baldrige, la administración de la compañía llevó a cabo un riguroso autoexamen de sus operaciones con la intención de cuantificar la calidad. Se estudiaron 19 procesos, incluidos el envío de servicio al cuarto, reservación y registro de huéspedes, entrega de mensajes y servicio de desayuno. Este periodo de autoestudio incluyó la medición estadística del flujo de trabajo en los procesos y tiempos de ciclo para áreas que iban del tiempo de entrega de servicio al cuarto y reservaciones hasta la eficiencia del valet parking y la limpieza. Los resultados se usaron para desarrollar puntos de comparación contra los cuales se pudieran medir las actividades futuras.

Una vez establecidos sus objetivos cuantificables específicos, administradores y empleados de Ritz-Carlton se enfocaron en la mejora continua. La meta es la satisfacción del cliente al 100%: si la experiencia de un cliente no cumple sus expectativas, Ritz-Carlton corre el riesgo de que ese huésped se vaya con la competencia.

Una de las formas en que la compañía ha dado más significado a sus esfuerzos por la calidad es organizar a sus empleados en equipos de trabajo “autodirigidos”. Los equipos de empleados determinan cómo programar el trabajo, qué trabajo necesita realizarse y qué hacer sobre los problemas de calidad que se presentan en sus propias áreas. Con el propósito de que los empleados observen la relación entre su área específica y las metas finales, también se les brinda la oportunidad de recibir capacitación adicional en las operaciones del hotel. Ritz-Carlton está convencido de que un empleado más educado e informado está en una mejor posición para tomar decisiones que beneficien a la organización.

Preguntas para analizar

1. ¿De qué formas Ritz-Carlton supervisa su éxito en lograr la calidad?
2. Muchas compañías afirman que su meta es entregar productos y servicios de calidad. ¿Qué acciones podría esperar de parte de una compañía que intenta que la calidad sea algo más que un lema o una frase hueca?
3. ¿Por qué podría costar menos a Ritz-Carlton “hacer las cosas bien” la primera vez?
4. ¿Cómo se emplean las gráficas de control, las gráficas de Pareto y los diagramas de causa y efecto para identificar los problemas de calidad en un hotel?
5. ¿Cuáles serían algunas de las medidas no financieras de satisfacción del cliente que son útiles en Ritz-Carlton?

Fuente: Adaptado de C. T. Horngren, G. Foster y S. M. Dator, *Cost Accounting*, 11a. ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003).

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Westover Electrical, Inc.:** Este fabricante de motores eléctricos tiene una larga lista de defectos en su proceso de cableado.
- **Falls Church General Hospital:** Estableciendo estándares de calidad en un hospital con 615 camas.
- **Quality Cleaners:** Pequeña empresa de limpieza que necesita un sistema de administración de calidad.
- **Belair Casino Hotel, Zimbabwe:** Este centro vacacional en África necesita analizar las tarjetas de comentarios de sus clientes.

Harvard ha seleccionado estos casos de Harvard Business School para acompañar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Wainwright Industries (A): Beyond the Baldrige (# 396-219):** Sigue el crecimiento de una compañía proveedora de autopartes y su cultura de calidad.
- **Romeo Engine Plant (# 197-100):** Los empleados de esta planta de motores para automóvil deben resolver los problemas para asegurar la calidad y no revisar las partes que se han hecho.
- **Motorola-Penang (# 494-135):** La administradora de esta planta en Malasia duda que funcionen los esfuerzos de delegación de autoridad en otros sitios de Motorola.
- **Measure of Delight: The pursuit of quality at AT&T Universal Card Service (A) (# 694-047):** Vincula la medida de desempeño y las políticas de remuneración con los preceptos de calidad de la administración.



BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, S. W., J. D. Daly y M. F. Johnson. "Why Firms Seek ISO 9000 Certification: Regulatory Compliance or Competitive Advantage?" *Production and Operations Management* 8, núm. 1 (primavera de 1999): 28-43.
- Berry, L. L., A. Parasuraman y V. A. Zeithaml. "Improving Service Quality in America: Lessons Learned". *The Academy of Management Executive* 8, núm. 2 (mayo de 1994): 32-52.
- Choi, T. Y. y K. Eboch. "The TQM Paradox: Relations among TQM Practices, Plant Performance and Customer Satisfaction". *Journal of Operations Management* 17, núm. 1 (diciembre de 1998): 59-76.
- Crosby, P. B. *Let's Talk Quality*. Nueva York: McGraw-Hill, 1989.
- Deming, W. E. *Out of the Crisis*. Cambridge, MA: Center for Advanced Engineering Study, 1986.
- Echempati, Raghu y Christy White. "Case Study of Hinge Alignment Problems: A Six Sigma Quality Analysis". *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 2 (segundo trimestre de 2000): 1-8.
- Foster, Thomas A. *Managing Quality*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.
- Goetsch, David L. y Stanley B. Davis. *Quality Management*, 3a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Harvey, J. "Service Quality: A Tutorial". *Journal of Operations Management* 16, núm. 5 (octubre de 1998): 583-597.
- Ireland, Samuel. "Quality and Nonprofit Organizations". *Quality Progress* (marzo de 1999): 96-99.
- Juran, Joseph M. *Juran's Quality Handbook*. Nueva York: McGraw-Hill, 1999.
- Paton, S. M. "Service Quality: Disney Style". *Quality Digest* (enero de 1997): 24-29.
- Peace, G. S. *Taguchi Methods: A Hands-On Approach*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1993.
- Prahalad, C. K. y M. S. Krishnan. "The New Meaning of Quality in the Information Age". *Harvard Business Review* (septiembre-octubre de 1999): 109-118.
- Summers, Donna. *Quality*, 2a. ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.



RECURSOS DE INTERNET

American Society for Quality:

<http://www.asq.org/>

ISO Central Secretariat:

<http://www.iso.ch/>

Juran Institute:

<http://www.juran.com/>

Vínculos con sitios de benchmarking:

<http://www.ebenchmarking.com>

National Institute of Standards and Technology:

<http://www.quality.nist.gov/>

Quality Assurance Institute:

<http://www.qaiusa.com>

Quality Digest:

<http://www.qualitydigest.com/>

Quality Progress:

<http://www.qualityprogress.asq.org/>

Vilfredo Pareto y otros economistas:

<http://cepa-newschool.edu/het/profile.pareto.html>

Control estadístico del proceso

Descripción del capítulo

CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (SPC)

Gráficas de control para variables
 Teorema del límite central
 Determinación de los límites de la gráfica de la media (gráficas \bar{x})
 Determinación de los límites de la gráfica del rango (gráficas R)
 Uso de las gráficas de media y de rango
 Gráficas de control para atributos
 Aspectos de administración y gráficas de control

HABILIDAD DEL PROCESO

Razón de habilidad del proceso (C_p)
 Índice de habilidad del proceso (C_{pk})

MUESTREO DE ACEPTACIÓN

Curva característica de operación
 Calidad de salida promedio

RESUMEN
 TÉRMINOS CLAVE
 USO DE EXCEL OM PARA SPC
 USO DE POM PARA WINDOWS
 PROBLEMAS RESUELTOS
 EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE
 PREGUNTAS PARA ANALIZAR
 EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO
 PROBLEMAS
 PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET
 CASOS DE ESTUDIO: BAYFIELD MUD COMPANY, PUNTUALIDAD EN ALABAMA AIRLINES
 CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES
 BIBLIOGRAFÍA
 RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este suplemento usted será capaz de

IDENTIFICAR O DEFINIR:

Las causas naturales y asignables de las variaciones
 El teorema del límite central
 Inspección por atributos y variables
 Control del proceso
 Gráficas \bar{x} y gráficas R
 LCI y LCS
 Gráficas p y gráficas c
 C_p y C_{pk}
 Muestreo de aceptación
 Curva OC
 NCA y PDTL
 CSP
 Riesgo del productor y del consumidor

DESCRIBIR O EXPLICAR:

El papel del control estadístico de la calidad



BetzDearborn, una división de Hercules Incorporated, tiene sus oficinas centrales en Treviso, Pennsylvania. Es proveedor global de químicos especializados para el tratamiento de aguas industriales, aguas de desecho y sistemas de procesamiento. La compañía emplea el control estadístico del proceso para vigilar el desempeño de los programas de tratamiento de una amplia variedad de industrias en todo el mundo. En el laboratorio de aseguramiento de la calidad de BetzDearborn (que se muestra aquí) también se emplean las técnicas de muestreo estadístico para dar seguimiento a los procesos de manufactura en todas las plantas de producción de la compañía.

Control estadístico del proceso (SPC)

Procedimiento empleado para supervisar estándares, tomar medidas y acciones correctivas mientras el producto o servicio se está produciendo.

En este suplemento estudiamos el control estadístico del proceso, las mismas técnicas que emplean BetzDearborn, IBM, GE y Motorola para alcanzar los estándares de calidad. Asimismo, introducimos el muestreo de aceptación. El **control estadístico del proceso** es la aplicación de las técnicas estadísticas al control del proceso. El *muestreo de aceptación* se usa para determinar si se acepta o rechaza el material evaluado por una muestra.

CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO (SPC)

El control estadístico del proceso (SPC, statistical process control) es una técnica estadística ampliamente usada para asegurar que los procesos cumplan los estándares. Todos los procesos están sujetos a cierto grado de variabilidad. En la década de los veinte, mientras estudiaba los datos del proceso, Walter Shewhart de Laboratorios Bell hizo una distinción entre las causas comunes y especiales de la variación. En la actualidad muchos se refieren a dichas variaciones como causas *naturales* y causas *asignables*. Walter Shewhart también desarrolló una herramienta simple pero poderosa para separarlas: la **gráfica de control**.

Empleamos el control estadístico del proceso para medir el desempeño de un proceso. Se dice que el proceso opera bajo *control estadístico* cuando su única fuente de variación la constituyen las causas comunes (naturales). Primero el proceso debe ponerse bajo control estadístico detectando y eliminando las causas especiales (asignables) de variación.¹ Entonces su desempeño es predecible y se evalúa su habilidad para satisfacer las expectativas. El *objetivo* de un sistema de control es *proporcionar una señal estadística cuando están presentes causas de variación asignables*. Dicha señal es capaz de acelerar las acciones apropiadas para eliminar las causas asignables.

Gráfica de control

Presentación gráfica de los datos del proceso en el tiempo.

¹Eliminar las causas asignables implica trabajo. Como lo observó el gurú de la calidad W. Edwards Deming: “un estado de control estadístico no es el estado natural del proceso de manufactura. Por el contrario, es un logro al que se llega mediante un esfuerzo determinado para eliminar, una a una, las causas especiales de variación excesiva”. Véase W. Edwards Deming, “On Some Statistical Aids toward Economic Production”, *Interfaces* 5, núm. 4, (1975): 5.

Variación natural

Variabilidades que deben esperarse y que afectan, en cierto grado, todo proceso de producción; también se conocen como causas naturales.

Variación asignable

Variación en un proceso de producción que se rastrea hasta sus causas específicas.

Variaciones naturales Las variaciones naturales afectan casi todos los procesos de producción y son algo que se espera. Las **variaciones naturales** son las muchas fuentes de variación que ocurren dentro de un proceso que está bajo control estadístico. Las variaciones naturales se comportan como un sistema constante de causas fortuitas. Aun cuando los valores individuales son diferentes, como grupo forman un patrón que puede describirse como una *distribución*. Cuando estas distribuciones son *normales* se caracterizan por dos parámetros:

- media, μ (medida de la tendencia central, en este caso el valor promedio)
- desviación estándar, σ (medida de la dispersión)

Siempre que la distribución (medidas de los resultados) permanezca dentro de los límites especificados, se dice que el proceso está “bajo control” y se toleran las variaciones naturales.

Variación asignable La **variación asignable** en un proceso que se rastrea hasta su causa específica. Factores como el desgaste de la maquinaria, el desajuste de equipos, la fatiga o la mala capacitación de los trabajadores, o nuevos lotes de materias primas, son fuentes potenciales de variaciones asignables.

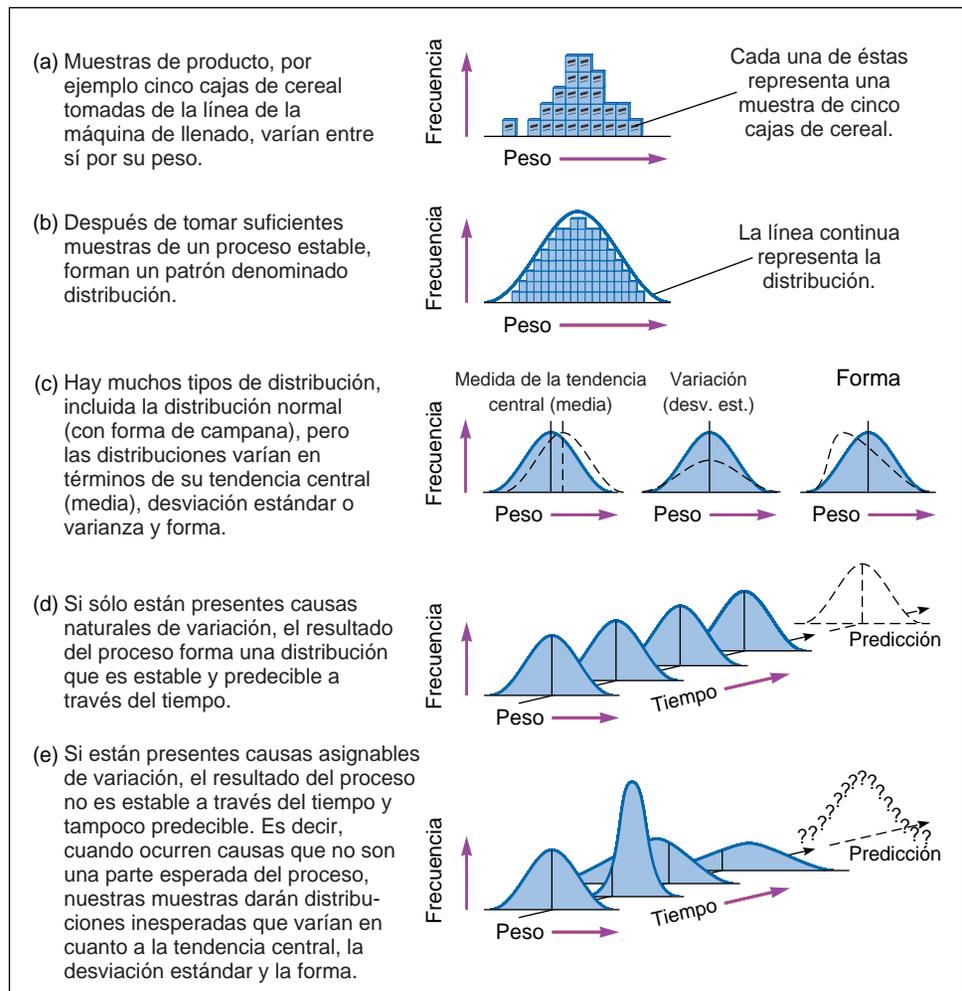
Las variaciones naturales y asignables distinguen dos tareas para los administradores de operaciones. La primera es *asegurarse de que el proceso opera bajo control* con sólo la variación natural. La segunda es, por supuesto, *identificar y eliminar las variaciones asignables* con la finalidad de mantener los procesos bajo control.

Muestras Debido a las variaciones naturales y asignables, el control estadístico del proceso usa promedios de pequeñas muestras (a menudo de cuatro a ocho artículos) en contraste con los datos de las partes individuales. Las piezas individuales tienden a ser demasiado erráticas para percibir las tendencias con rapidez.

En la figura 14.1 se observan con detalle los pasos importantes para determinar las variaciones de los procesos. La escala horizontal será el peso (como el número de onzas en las cajas de cereal), la longitud

FIGURA 14.1 ■

Variaciones natural y asignable



(como en los postes de una barda) o cualquier otra medida física. La escala vertical es la frecuencia. Las muestras de cinco cajas de cereal en la figura 14.1 *a*) se pesan, *b*) forman una distribución, *c*) que puede variar. Las distribuciones formadas en *b*) y *c*) caerán dentro de un patrón predecible, *d*) si sólo la variación natural está presente. Cuando existen causas asignables de variación, entonces podemos esperar ya sea que varíe la media o que varíe la dispersión, como ocurre en *e*).

Gráficas de control El proceso para la construcción de una gráfica de control se basa en los conceptos presentados en la figura 14.2. Esta figura muestra tres distribuciones que representan los resultados de tres tipos de proceso. Para observar si el proceso está dentro de los “límites de control”, graficamos las muestras pequeñas y luego examinamos las características de los datos resultantes. El propósito de la gráfica de control es ayudar a distinguir las variaciones naturales de las variaciones debidas a causas asignables. Como se observa en la figura 14.2, un proceso está *a*) bajo control y *el proceso es capaz de producir dentro de los límites de control establecidos*, *b*) bajo control *pero el proceso no es capaz de producir dentro de los límites establecidos*, o *c*) fuera de control. A continuación veremos algunas formas de construir gráficas de control que ayudan a los administradores de operaciones a mantener un proceso bajo control.

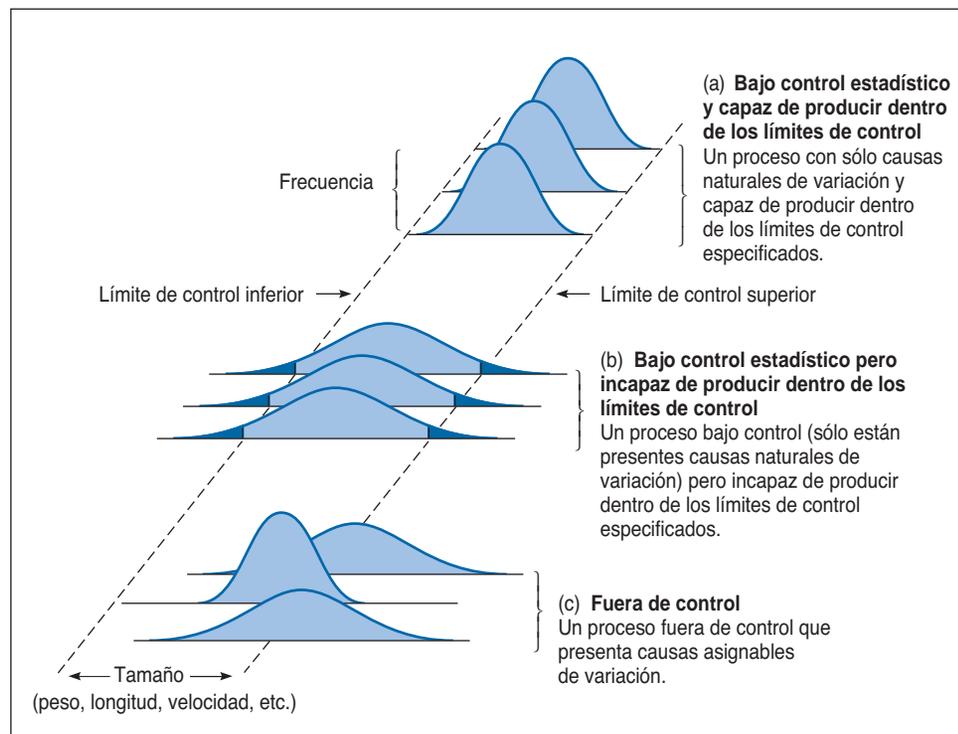
Gráfica \bar{x}
Gráfica de control de calidad para variables que indica cuándo ocurren cambios en la tendencia central de un proceso de producción.

Gráfica *R*
Gráfica de control que da seguimiento al “rango” dentro de una muestra; indica cuando ocurre una ganancia o pérdida de uniformidad en la dispersión de un proceso de producción.

Gráficas de control para variables

Las variables son características que tienen dimensiones continuas. Tienen un número infinito de posibilidades. Algunos ejemplos son peso, velocidad, duración, fuerza. Las gráficas de control para la media, \bar{x} (que se lee *x* barra), y para el rango (o intervalo de variación), *R*, se emplean para vigilar procesos con dimensiones continuas. La **gráfica \bar{x}** nos indica si han ocurrido cambios en la tendencia central (en este caso la media) de un proceso. Estos cambios llegan a atribuirse a factores como desgaste de herramientas, un aumento gradual de la temperatura, el uso de un método diferente en el segundo turno, o a materiales nuevos o más fuertes. Los valores de la **gráfica *R***, indican que ha ocurrido una ganancia o pérdida en la dispersión. Quizá el cambio se deba al desgaste de los soportes, a una herramienta desajustada, al flujo errático de los lubricantes hacia la máquina o al descuido del operario de una máquina. Las dos gráficas van a la par cuando se trata de monitorear las variables porque miden los dos parámetros cruciales: tendencia central y dispersión.

FIGURA 14.2 ■
Control del proceso: tres tipos de resultados del proceso



Teorema del límite central

Teorema del límite central

Fundamento teórico de las gráficas \bar{x} que establece que, independientemente de la distribución de la población de todas las partes o servicios, la distribución de \bar{x} tiende a seguir una curva normal cuando aumenta el número de muestras.

Los dos parámetros son:
 Media → medida de la tendencia central.
 Rango → medida de la dispersión.

El fundamento teórico de las gráficas \bar{x} es el **teorema del límite central**. Este teorema establece que, independientemente de la distribución de la población, la distribución de las \bar{x} (cada una de las cuales es la media de una muestra sacada de la población) tiende a seguir una curva normal cuando aumenta el número de muestras. Por fortuna, incluso cuando la muestra (n) es bastante pequeña (digamos 4 o 5), en general, la distribución de los promedios todavía seguirá una curva normal. El teorema también establece que **1.** la media de la distribución de las \bar{x} (denominada $\bar{\bar{x}}$) será igual a la media de la población global (llamada μ); y **2.** la desviación estándar de la *distribución de las muestras*, $\sigma_{\bar{x}}$, será la *desviación estándar de la población*,² σ , dividida entre la raíz cuadrada del tamaño de la muestra, n . En otras palabras:

$$\bar{\bar{x}} = \mu \tag{14-1}$$

y

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \tag{14-2}$$

La figura 14.3 muestra tres distribuciones de población posibles, cada una con su propia media, μ , y su propia desviación estándar, σ . Si una serie de muestras aleatorias ($\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4$, etcétera), cada una de tamaño n , se toma de cualquier distribución de población (la cual es normal, beta, uniforme u otra), la distribución resultante de las \bar{x}_i tendrá la apariencia mostrada en la figura 14.3.

Más aún, la distribución de las muestras que se ilustra en la figura 14.4 tendrá menos variabilidad que la distribución del proceso. Como la distribución de las muestras es normal, podemos afirmar que:

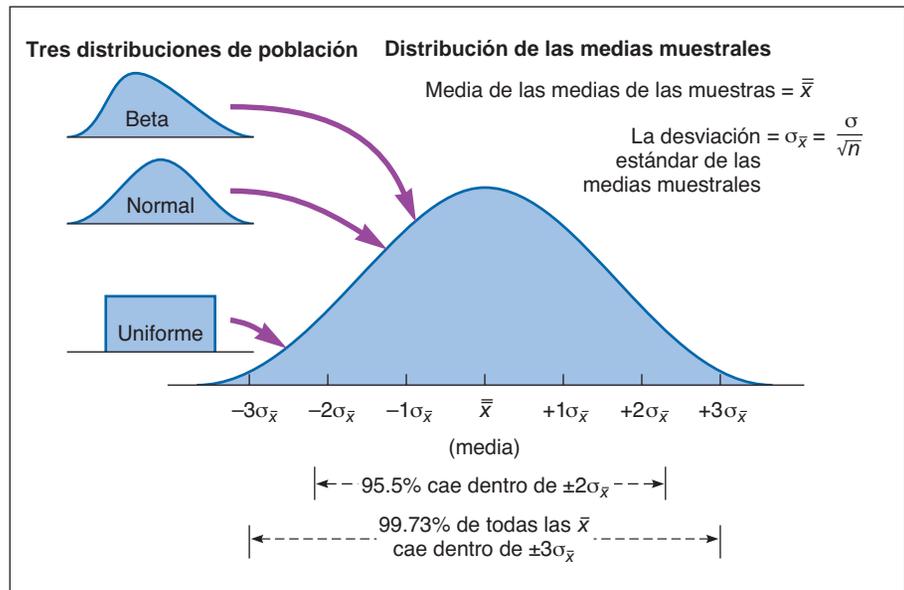
- 95.45% del tiempo, los promedios de las muestras caerán dentro de $\pm 2\sigma_{\bar{x}}$ si el proceso sólo tiene variaciones naturales.
- 99.73% del tiempo, los promedios de las muestras caerán dentro de $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ si el proceso sólo tiene variaciones naturales.

Si un punto cae fuera de los límites de control $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ de la gráfica de control, entonces estamos 99.73% seguros de que el proceso cambió. Ésta es la teoría que sustenta las gráficas de control.

FIGURA 14.3 ■

Relación entre la población y las distribuciones muestrales

Sin importar la distribución de la población (por ejemplo, normal, beta, uniforme), cada una con su propia media (μ) y desviación estándar (σ), la distribución de las medias de las muestras es normal.

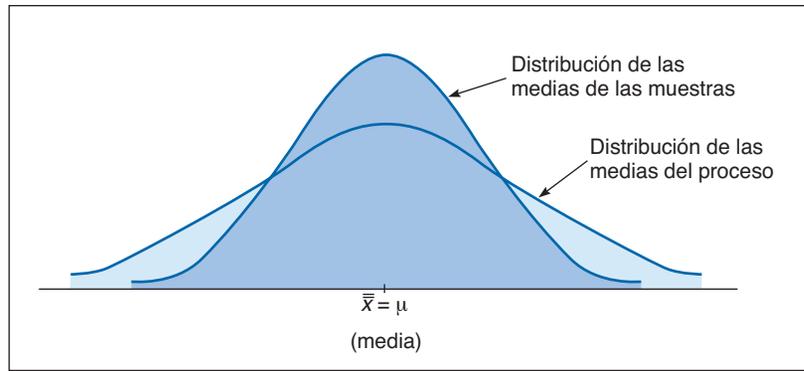


²Nota: La desviación estándar se calcula fácilmente como: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$.

FIGURA 14.4 ■

La distribución muestral de las medias es normal y tiene menos variabilidad que la distribución del proceso

En esta figura, la distribución del proceso del cual se tomó la muestra también era normal pero pudo haber tenido cualquier distribución.



“Todo lo que hace el control de la calidad es encontrar nuestros errores. Quiero comenzar a evitarlos”.

Determinación de los límites de la gráfica de la media (gráficas \bar{x})

Si conocemos, a partir de los datos históricos, la desviación estándar de la población de un proceso, σ , podemos fijar los límites de control superior e inferior con estas fórmulas:

$$\text{Límite de control superior (LCS)} = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}} \tag{14-3}$$

$$\text{Límite de control inferior (LCI)} = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}} \tag{14-4}$$

- donde $\bar{\bar{x}}$ = media de las medias de las muestras o el valor meta establecido para el proceso
- z = número de desviaciones estándar (2 para 95.45% de confianza, 3 para 99.73%)
- $\sigma_{\bar{x}}$ = desviación estándar de las medias de la muestra = σ/\sqrt{n}
- σ = desviación estándar de la población (proceso)
- n = tamaño de la muestra

El ejemplo 1 muestra cómo establecer los límites de control para las medias de las muestras empleando las desviaciones estándar.

Ejemplo 1

Cada hora se toman muestras del peso de las cajas de hojuelas de avena dentro de un lote de producción grande. Con la finalidad de establecer límites de control que incluyan 99.73% de las medias muestrales, se seleccionan en forma aleatoria muestras de nueve cajas y se pesan. Se dan los datos de las nueve cajas seleccionadas en la hora 1:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Hojuelas de avena 17 oz. | Hojuelas de avena 13 oz. | Hojuelas de avena 16 oz. | Hojuelas de avena 18 oz. | Hojuelas de avena 17 oz. | Hojuelas de avena 16 oz. | Hojuelas de avena 15 oz. | Hojuelas de avena 17 oz. | Hojuelas de avena 16 oz. |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|

$$\begin{aligned} \text{El peso promedio en la primera muestra} &= \frac{17 + 13 + 16 + 18 + 17 + 16 + 15 + 17 + 16}{9} \\ &= 16.1 \text{ onzas} \end{aligned}$$

También se sabe que la desviación estándar (σ) de la población, es 1 onza. No mostramos las cajas de la muestra de la hora 2 a la 12, pero presentamos el resto de los resultados:

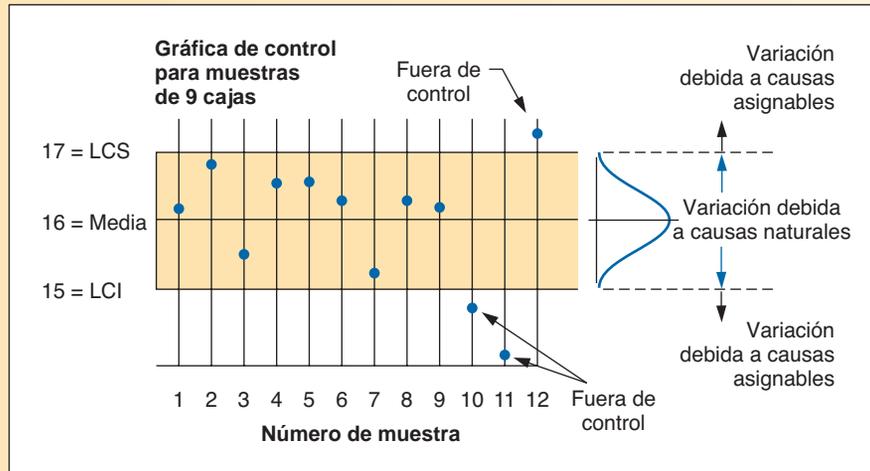
| HORA | PESO DE LA MUESTRA (PROM. DE 9 CAJAS) | HORA | PESO DE LA MUESTRA (PROM. DE 9 CAJAS) | HORA | PESO DE LA MUESTRA (PROM. DE 9 CAJAS) |
|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|------|---------------------------------------|
| 1 | 16.1 | 5 | 16.5 | 9 | 16.3 |
| 2 | 16.8 | 6 | 16.4 | 10 | 14.8 |
| 3 | 15.5 | 7 | 15.2 | 11 | 14.2 |
| 4 | 16.5 | 8 | 16.4 | 12 | 17.3 |

La media promedio de las 12 muestras se calculó exactamente en 16 onzas. Por lo tanto, tenemos $\bar{\bar{x}} = 16$ onzas, $\sigma = 1$ onza, $n = 9$ y $z = 3$. Los límites de control son:

$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + z\sigma_{\bar{x}} = 16 + 3\left(\frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 16 + 3\left(\frac{1}{3}\right) = 17 \text{ onzas}$$

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - z\sigma_{\bar{x}} = 16 - 3\left(\frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 16 - 3\left(\frac{1}{3}\right) = 15 \text{ onzas}$$

Después graficamos las 12 muestras en la gráfica de control que se presenta en seguida. Como las medias de los promedios de muestras recientes caen fuera de los límites de control superior e inferior de 17 y 15, podemos concluir que el proceso se está tornando errático y *sin* control.



El rango es la diferencia entre el artículo más grande y el más pequeño en una muestra.

Puesto que las desviaciones estándar del proceso no están disponibles o es difícil cuantificarlas, lo usual es calcular los límites de control con base en los valores del *rango* promedio en lugar de las desviaciones estándar. La tabla 14.1 proporciona las conversiones necesarias para hacerlo. El *rango* se define como la diferencia entre el elemento más grande y más pequeño de una muestra. Por ejemplo, la caja más pesada de hojuelas de avena en la hora 1, del ejemplo 1, era de 18 onzas y la más ligera era de 13 onzas, entonces el rango para esa hora es 5 onzas. Empleamos la tabla 14.1 y las ecuaciones

$$LCS_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \tag{14-5}$$

y

$$LCI_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \tag{14-6}$$

donde \bar{R} = rango promedio de las muestras
 A_2 = valor encontrado en la tabla 14.1
 $\bar{\bar{x}}$ = media de las medias de la muestra

TABLA 14.1 ■

Factores para el cálculo de los límites de control de la gráfica (3 sigma)

| TAMAÑO DE LA MUESTRA, n | FACTOR DE LA MEDIA, A_2 | RANGO SUPERIOR, D_4 | RANGO INFERIOR, D_3 |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2 | 1.880 | 3.268 | 0 |
| 3 | 1.023 | 2.574 | 0 |
| 4 | .729 | 2.282 | 0 |
| 5 | .577 | 2.115 | 0 |
| 6 | .483 | 2.004 | 0 |
| 7 | .419 | 1.924 | 0.076 |
| 8 | .373 | 1.864 | 0.136 |
| 9 | .337 | 1.816 | 0.184 |
| 10 | .308 | 1.777 | 0.223 |
| 12 | .266 | 1.716 | 0.284 |

Fuente: Reimpreso con autorización de American Society for Testing Materials, Copyright 1951. Tomado de *Special Technical Publication 15-C*, "Quality Control Materials", pp. 63 y 72.

El ejemplo 2 muestra cómo establecer los límites de control para las medias de las muestras empleando la tabla 14.1 y el rango promedio.

Ejemplo 2

Las botellas de refrescos Super Cola muestran una etiqueta que dice “contenido neto 16 onzas”. Se ha encontrado un promedio global del proceso de 16.01 onzas tomando varios lotes de muestras, donde cada muestra contenía 5 botellas. El rango promedio del proceso es .25 de onza. Determine los límites de control inferior y superior para los promedios en este proceso.

Buscando al tamaño de muestra de 5 en la tabla 14.1 en la columna A_2 del factor de la media, encontramos el número .577. Por lo tanto, los límites inferior y superior de la gráfica de control son:

$$\begin{aligned} \text{LCS}_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \\ &= 16.01 + (.577)(.25) \\ &= 16.01 + .144 \\ &= 16.154 \text{ onzas} \\ \text{LCI}_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \\ &= 16.01 - .144 \\ &= 15.866 \text{ onzas} \end{aligned}$$

Determinación de los límites de la gráfica del rango (gráficas R)

En los ejemplos 1 y 2, determinamos los límites de control inferior y superior para el *promedio* del proceso. Además de preocuparse por el promedio del proceso, los administradores de operaciones se interesan en la *dispersión* o *rango* del proceso. Aunque el promedio del proceso esté bajo control, la dispersión del proceso puede no estarlo. Por ejemplo, algo podría haberse aflojado en una pieza del equipo que llena las cajas con hojuelas de avena. Como resultado, el promedio de las muestras permanecería igual, aunque la variación entre las muestras podría ser demasiado grande. Por ello, los administradores de operaciones emplean las gráficas de control para rangos que les permiten monitorear la variabilidad del proceso, así como las gráficas de control para promedios que les permiten vigilar la tendencia central del proceso. La teoría que fundamenta las gráficas de control para rangos es la misma que la de las gráficas de control para el promedio del proceso. Se establecen límites que contienen ± 3 desviaciones estándar de la distribución del rango promedio \bar{R} . Las siguientes ecuaciones se utilizan para establecer los límites de control inferior y superior para los rangos:

$$\text{LCS}_R = D_4\bar{R} \tag{14-7}$$

$$\text{LCI}_R = D_3\bar{R} \tag{14-8}$$

Es importante destacar que cuando se construye el LCS_R y el LCI_R , empleamos el rango promedio, \bar{R} . Pero cuando se grafican los puntos una vez desarrollada la gráfica R, usamos los valores del rango *individual* para cada muestra.

donde LCS_R = límite de control superior de la gráfica para el rango
 LCI_R = límite de control inferior de la gráfica para el rango
 D_4 y D_3 = valores de la tabla 14.1

El ejemplo 3 muestra cómo establecer los límites de control empleando la tabla 14.1 y el rango promedio.

Ejemplo 3

El *rango* promedio del proceso de carga de camiones es de 5.3 libras. Si el tamaño de la muestra es 5, determine los límites de control superior e inferior de la gráfica.

Si buscamos en la tabla 14.1 un tamaño de muestra de 5, encontramos que $D_4 = 2.115$ y $D_3 = 0$. Los límites de control para el rango son:

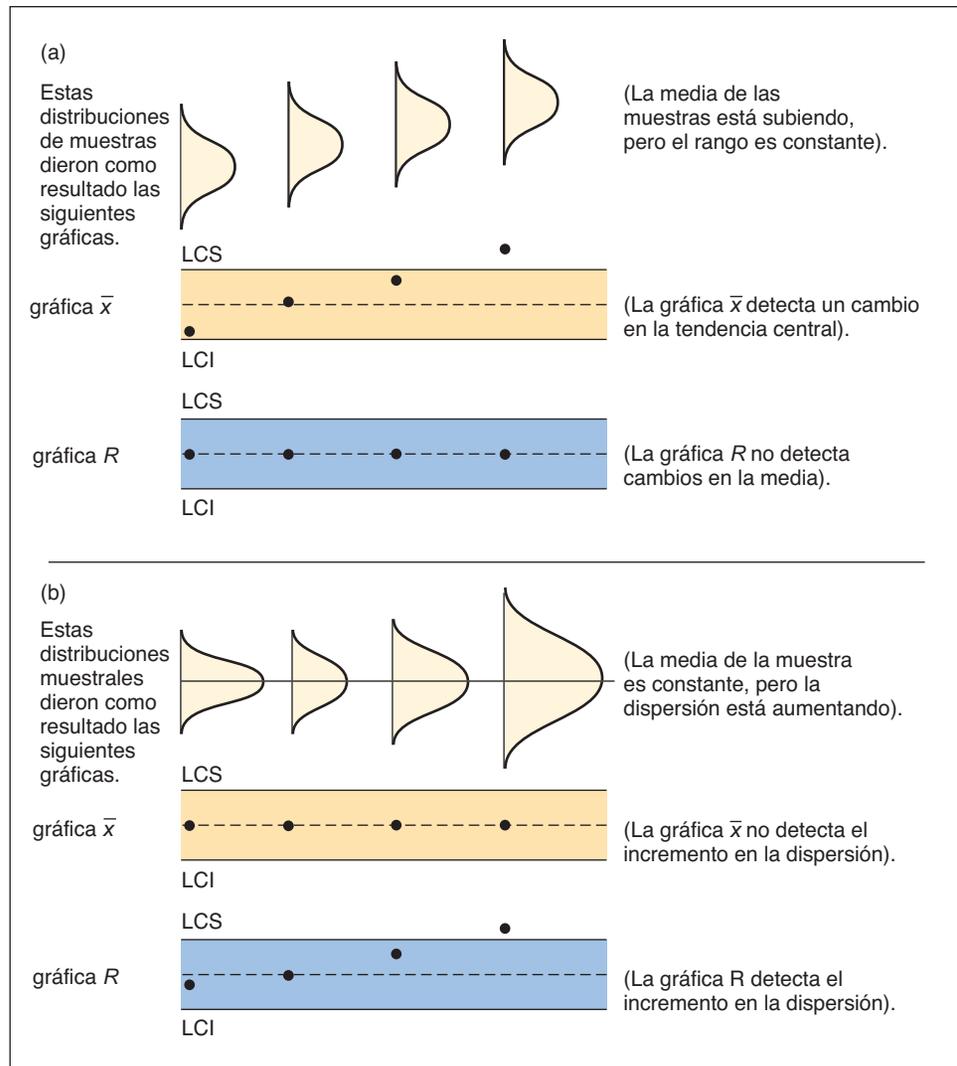
$$\begin{aligned} \text{LCS}_R &= D_4\bar{R} = (2.115)(5.3 \text{ libras}) = 11.2 \text{ libras} \\ \text{LCI}_R &= D_3\bar{R} = (0)(5.3 \text{ libras}) = 0 \end{aligned}$$

Uso de las gráficas de media y de rango

La distribución normal se define por dos parámetros, la *media* y la *desviación estándar*. La gráfica \bar{x} (media) y la gráfica R imitan a estos dos parámetros. La gráfica \bar{x} es sensible a los cambios en la media del proceso, mientras que la gráfica R es sensible a los cambios en la desviación estándar del proceso. En consecuencia al usar ambas gráficas podemos dar seguimiento a los cambios en la distribución del proceso.

FIGURA 14.5 ■

Las gráficas de media y rango se complementan al mostrar la media y la dispersión de la distribución normal



Por ejemplo, las muestras y la gráfica \bar{x} que se obtiene en la figura 14.5a muestran un cambio en la media del proceso pero, como la dispersión es constante, la gráfica R no detecta cambios. Por el contrario, las muestras y la gráfica \bar{x} en la figura 14.5b no detectan cambios (porque ninguno está presente), pero la gráfica R sí detecta el cambio en la dispersión. Ambas gráficas son necesarias para dar un seguimiento preciso al proceso.

Pasos que se deben seguir cuando se usan las gráficas de control Son cinco los pasos que normalmente se realizan cuando se emplean las gráficas \bar{x} - y las gráficas R .

1. Recolectar 20 o 25 muestras de $n = 4$ o $n = 5$ cada una a partir de un proceso estable y calcular la media y el rango de cada una.
2. Calcular las medias globales ($\bar{\bar{x}}$ y $\bar{\bar{R}}$), establecer los límites de control apropiados, usualmente en el nivel de 99.73% y calcular los límites de control superior e inferior preliminares. Si el proceso no está estable en ese momento, use la media deseada, μ , en lugar de $\bar{\bar{x}}$ para establecer los límites.
3. Graficar las medias y los rangos de las muestras en sus respectivas gráficas de control y determinar si caen fuera de los límites aceptables.
4. Investigar los puntos o patrones que indiquen que el proceso está fuera de control. Intentar asignar las causas de la variación y después reanudar el proceso.
5. Recolectar muestras adicionales y, de ser necesario, revalidar los límites de control con los nuevos datos.

En los ejemplos de este suplemento, así como en el recuadro *AO en acción*, “verde es el color del dinero para DuPont y el medio ambiente”, se presentan algunas aplicaciones de las gráficas de control.

AO EN ACCIÓN

Verde es el color del dinero para DuPont y el medio ambiente

DuPont descubrió que el control estadístico del proceso (SPC) es un excelente enfoque para la solución de problemas ambientales. Con la meta de acabar con 35% de los desperdicios de manufactura y desechos sólidos, DuPont reunió información de sus sistemas de control de la calidad y de las bases de datos sobre su administración de materiales.

Los diagramas de causa y efecto y las gráficas de Pareto revelaron dónde ocurrían los principales problemas. Entonces la compañía comenzó a disminuir el desperdicio de materiales a través de estándares mejorados de SPC para la producción. Uniendo los sistemas de monitoreo basados en la información de la planta y los estándares de la calidad del aire, DuPont identificó formas de reducir las emisiones. Usando un sistema de evaluación de proveedores vinculado con los requerimientos de compra JIT, la compañía implantó controles sobre la entrada de materiales nocivos.

Actualmente, DuPont ahorra al año más de 15 millones de libras de plástico reciclándolo para obtener otros productos en lugar de tirarlo en rellenos. A través de compras electrónicas la empresa ha reducido el papel de desecho a casi nada y con la utilización de nuevos diseños de empaque redujo el desperdicio de material en proceso en casi 40%.

Integrando el control estadístico de procesos con las actividades para el cumplimiento de las normas ambientales, DuPont ha realizado mejoras importantes en la calidad que superan por mucho los lineamientos reglamentarios. Las innovaciones de DuPont en la solución de problemas ambientales han permitido, al mismo tiempo, enormes ahorros en costos.

Fuentes: P. E. Barnes, *Business and Economic Review* (enero-marzo de 1998): 21-24; *Environmental Quality Management* (verano de 1998): 97-110, y *Purchasing* (6 de noviembre de 1997): 114.

Gráficas de control para atributos

Las gráficas de control \bar{x} y R no son aplicables a los muestreos de *atributos*, los cuales casi siempre se clasifican como *defectuosos* o *no defectuosos*. La medición de *defectuosos* implica contarlos (por ejemplo, número de focos malos en un lote determinado, o número de cartas o registros de datos escritos con error) mientras que las *variables* suelen medirse por longitud o peso. Existen dos tipos de gráficas de control para atributos: **1.** las que miden el *porcentaje* de defectos en una muestra —denominadas gráficas *p*— y **2.** las que *cuentan* el número de defectos —llamadas gráficas *c*—.

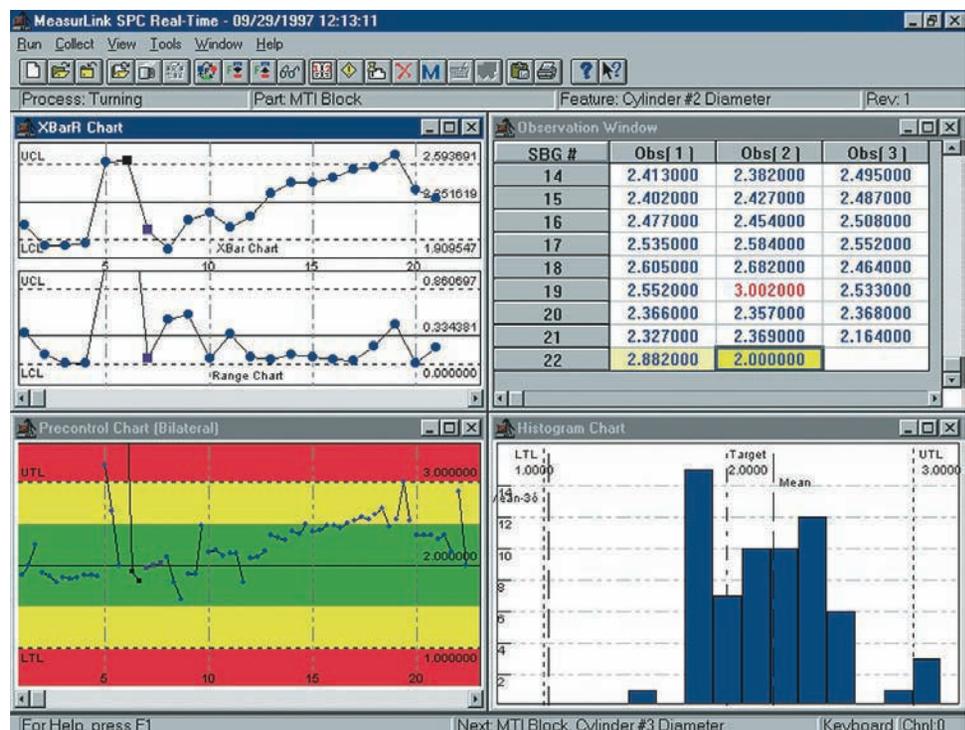
Gráficas p

Gráficas de control de calidad que se usan para controlar atributos.

Gráficas p

La principal forma de controlar los atributos es usar las **gráficas p**. Aunque los atributos que son buenos o malos siguen una distribución binomial, se utiliza la distribución normal para calcular los límites de la gráfica *p* cuando los tamaños de las muestras son grandes. El procedimiento se asemeja al enfoque de la gráfica \bar{x} que también tiene como base el teorema del límite central.

Despliegue de una gráfica para variables de Mitutoyo Corporation usando un software de SPC que está vinculado directamente con mecanismos de medición.



Si bien algunas gráficas SPC se generan por computadora, ésta se prepara a mano. Esta gráfica se actualiza cada hora y refleja una semana de turnos de trabajo.



Se presentan las fórmulas para los límites de control superior e inferior de la gráfica p :

$$LCS_p = \bar{p} + z\sigma_{\hat{p}} \tag{14-9}$$

$$LCI_p = \bar{p} - z\sigma_{\hat{p}} \tag{14-10}$$

donde \bar{p} = fracción media de defectos en la muestra
 z = número de desviaciones estándar ($z = 2$ para límites 95.45%;
 $z = 3$ para límites de 99.73%)
 $\sigma_{\hat{p}}$ = desviación estándar para la distribución de la muestra

$\sigma_{\hat{p}}$ se estima con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \tag{14-11}$$

donde n = tamaño de cada muestra.

El ejemplo 4 muestra la forma de establecer cada límite de control de las gráficas p para estas desviaciones estándar.

Ejemplo 4

Los encargados de la captura de datos en ARCO introducen miles de registros de seguros cada día. En la tabla se presentan las muestras del trabajo de 20 empleados. Se examinaron cuidadosamente cien registros capturados por cada empleado y se contó el número de errores. Después se calculó la fracción defectuosa en cada muestra.

Establezca los límites de control que incluyan 99.73% de la variación aleatoria en el proceso de captura cuando está bajo control.

| NÚMERO DE MUESTRA | NÚMERO DE ERRORES | FRACCIÓN DEFECTUOSA | NÚMERO DE MUESTRA | NÚMERO DE ERRORES | FRACCIÓN DEFECTUOSA |
|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 6 | .06 | 11 | 6 | .06 |
| 2 | 5 | .05 | 12 | 1 | .01 |
| 3 | 0 | .00 | 13 | 8 | .08 |
| 4 | 1 | .01 | 14 | 7 | .07 |
| 5 | 4 | .04 | 15 | 5 | .05 |
| 6 | 2 | .02 | 16 | 4 | .04 |
| 7 | 5 | .05 | 17 | 11 | .11 |
| 8 | 3 | .03 | 18 | 3 | .03 |
| 9 | 3 | .03 | 19 | 0 | .00 |
| 10 | 2 | .02 | 20 | 4 | .04 |
| | | | | 80 | |

$$\bar{p} = \frac{\text{número total de errores}}{\text{número total de registros examinados}} = \frac{80}{(100)(20)} = .04$$

$$\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{(.04)(1 - .04)}{100}} = .02 \text{ (0.196 se redondeó hacia arriba)}$$

(Nota: 100 es el tamaño de cada muestra = n)

$$LCS_p = \bar{p} + z\sigma_{\hat{p}} = .04 + 3(.02) = .10$$

$$LCI_p = \bar{p} - z\sigma_{\hat{p}} = .04 - 3(.02) = 0$$

(debido a que no podemos tener un porcentaje de defectos negativo)

Cuando graficamos los límites de control y la fracción defectuosa de la muestra, encontramos que sólo una persona que captura datos (número 17) está fuera de control. Es posible que la empresa quiera examinar el trabajo individual un poco más de cerca para observar si existen problemas serios (véase la figura 14.6).

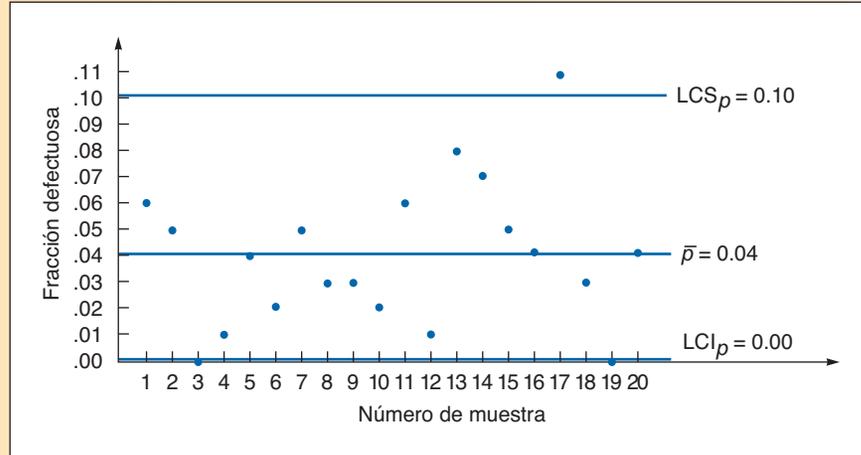


FIGURA 14.6 ■ Gráfica p para la captura de datos del ejemplo 4

El recuadro *AO en acción*, “el costoso experimento en los servicios del cuidado de la salud de Unisys Corp.”, proporciona un seguimiento del mundo real al ejemplo 4.

Gráficas c

Gráfica de control de la calidad que se usa para regular el número de defectos por unidad de salida.

Gráficas c En el ejemplo 4, contamos el número de registros defectuosos capturados. Un registro defectuoso es aquel que no está exactamente correcto porque tiene cuando menos un defecto. Sin embargo, un registro malo puede contener más de un defecto. Las **gráficas c** se usan para controlar el número de defectos por unidad de salida (o por registro de seguros en el caso anterior).

AO EN ACCIÓN

El costoso experimento en los servicios del cuidado de la salud de Unisys Corp.

Cuando Unisys Corp., se expandió al negocio de los servicios computarizados para el cuidado de la salud, las cosas se veían prometedoras. Justo acababa de ganar la licitación contra Blue Cross/Blue Shield de Florida para un contrato de 86 millones de dólares para atender los servicios de seguros médicos de los empleados del estado de Florida. Su trabajo consistía en manejar el procesamiento de las reclamaciones de los 215 mil empleados del estado, un área en crecimiento aparentemente sencilla y lucrativa para una vieja compañía de computadoras como Unisys.

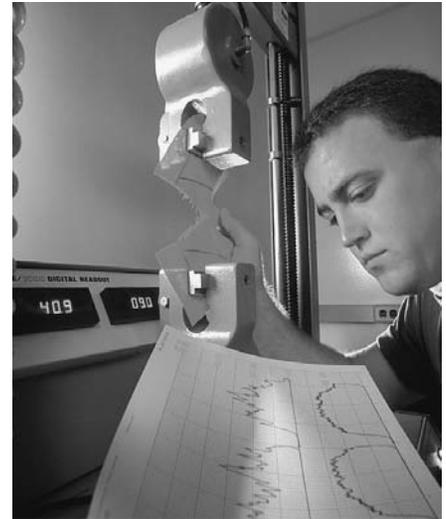
Pero un año después, no sólo el contrato se había revocado, sino que Unisys fue multada con más de 500,000 dólares por no reunir los estándares de calidad. A continuación mostramos dos de las medidas de la calidad, ambas de atributos (es decir, “defectuoso” o “no defectuoso”) en las que la empresa estaba fuera de control:

- 1. Porcentaje de reclamaciones procesadas con errores.** Una auditoría de un periodo de 3 meses, realizada por Coopers & Lybrand, encontró que Unisys cometía errores en 8.5% de las reclamaciones procesadas. El estándar de la industria es 3.5% de “defectos”.
- 2. Porcentaje de reclamaciones procesadas en 30 días.** Para la medida de este atributo, un “defecto” es un tiempo de procesamiento más largo que el tiempo asignado en el contrato. En una muestra de un mes, 13% de las reclamaciones excedieron el límite de 30 días, mucho más arriba del 5% permitido por el estado de Florida.

El contrato de Florida era una migraña para Unisys, que subestimó la intensidad del trabajo de las reclamaciones sobre salud. Su director general, James Unruh, simplemente suspendió las ambiciones futuras en el cuidado de la salud. Mientras tanto, el ejecutivo del estado de Florida, Ron Poppel, comenta: “en realidad, necesitamos alguien que esté dentro del negocio de los seguros”.

Fuentes: Knight Ridder Tribune Business News (7 de febrero de 2002): 1, y Business Week (16 de junio de 1997): 6.

La prueba de resistencia en esta tela proporciona una observación más para la gráfica de control. Si la tensión promedio está “fuera de control”, o si una “corrida” de cinco promedios está por arriba o por debajo de la línea central, el proceso debe detenerse y ajustarse.



Las gráficas de control de defectos son útiles para vigilar procesos en los que existe un gran número de errores potenciales, pero que en realidad ocurre un número relativamente pequeño. Los defectos pueden ser errores en las palabras de un periódico, circuitos malos en un microchip, imperfecciones en una mesa o la falta de pepinillos en una hamburguesa.

La distribución de probabilidad de Poisson,³ donde la varianza es igual a la media, es la base de las gráficas c . Como c es el número promedio de los defectos por unidad, la desviación estándar es igual a \sqrt{c} . Para calcular los límites de control de 99.73% para \bar{c} , utilizamos la fórmula

$$\text{límites de control} = \bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}} \quad (14-12)$$

El ejemplo 5 muestra cómo establecer los límites de control para una gráfica \bar{c} .

Ejemplo 5

Red Top Cab Company recibe varias quejas al día sobre el comportamiento de sus conductores. Durante un periodo de 9 días (donde los días son la unidad de medida), el propietario recibió los siguientes números de llamadas de pasajeros irritados: 3, 0, 8, 9, 6, 7, 4, 9, 8, es decir, un total de 54 reclamaciones.

Para calcular los límites de control de 99.73%, tomamos

$$\bar{c} = \frac{54}{9} = 6 \text{ reclamaciones por día}$$

Por lo tanto,

$$LCS_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 6 + 3\sqrt{6} = 6 + 3(2.45) = 13.35$$

$$LCI_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 6 - 3\sqrt{6} = 6 - 3(2.45) = 0 \leftarrow \text{(ya que no puede ser negativo)}$$

Después de que el propietario trazó una gráfica de control que resumía estos datos y la colocó en un lugar visible del cuarto de casilleros de los conductores, el número de llamadas recibidas descendió a un promedio de tres por día. ¿Podría usted explicar por qué ocurrió esto?

Aspectos de administración y gráficas de control

En un mundo ideal, no hay necesidad de gráficas de control. La calidad es uniforme y tan alta que los empleados no necesitan perder tiempo ni dinero en el muestreo y monitoreo de variables y atributos. Sin embargo, como los procesos aún no llegan a la perfección, los administradores deben tomar tres decisiones importantes acerca de las gráficas de control.

Primero, los administradores deben seleccionar los puntos de su proceso que requieren SPC. Tal vez se pregunten: “¿qué partes del trabajo son cruciales para el éxito?” o “¿qué partes del trabajo tienen mayor tendencia a salirse de control?”

³Una distribución de probabilidad de Poisson es una distribución discreta que, en general, se usa cuando los elementos de interés (en este caso defectos) son poco frecuentes y ocurren en un tiempo y espacio dados.

TABLA 14.2 ■

Ayuda para decidir qué gráfica de control usar

USO DE UNA GRÁFICA \bar{x} Y UNA GRÁFICA R

1. Las observaciones son *variables*, las cuales normalmente son las medidas del tamaño o peso de los productos. Ejemplos de ello son el grosor y la longitud de un cable y el peso de una lata de sopa Campbell's.
2. Reúna 20 o 25 muestras de $n = 4, n = 5$, o más, cada una de un proceso estable, y calcule la media de una gráfica \bar{x} y el rango para una gráfica R .
3. Rastreamos muestras de n observaciones cada una, como en el ejemplo 1.

USO DE UNA GRÁFICA p

1. Las observaciones son *atributos* que se clasifican como buenos o malos (pasa-no pasa, funciona-no funciona), es decir, en dos estados.
2. Manejamos fracciones, proporciones o porcentajes de defectos.
3. Existen diversas muestras, con muchas observaciones en cada una. Por ejemplo, 20 muestras de $n = 100$ observaciones en cada una, como en el ejemplo 4.

USO DE UNA GRÁFICA c

1. Las observaciones son *atributos* cuyos defectos por unidad de salida se pueden contar.
2. Manejamos el número contado, el cual es una pequeña parte de las ocurrencias posibles.
3. Los defectos serían: imperfecciones en un escritorio; reclamaciones en un día; crímenes en un año; asientos rotos en un estadio; erratas en un texto impreso o puntos corridos en un rollo de tela.

Segundo, los administradores deben decidir si son apropiadas las gráficas de variables (es decir, \bar{x} y R) o las gráficas de atributos (es decir, p y c). Las gráficas de variables supervisan pesos o dimensiones. Las gráficas de atributos son más una evaluación "si-no" o "pasa-no pasa" y su implantación tiende a ser menos costosa. La tabla 14.2 lo ayudará a comprender cuándo utilizar cada tipo de gráficas de control.

Tercero, la compañía debe establecer políticas de SPC claras y específicas para que las sigan los empleados. Por ejemplo, ¿debe detenerse un proceso de captura de datos si aparece una tendencia en el porcentaje de registros defectuosos que se capturan? ¿Debe pararse una línea de ensamble si la longitud promedio de cinco muestras sucesivas está arriba de la línea central? La figura 14.7 muestra algunos patrones que deben observarse en un proceso a través del tiempo.

Se dispone de una herramienta llamada **corrida de prueba** para ayudarnos a identificar el tipo de anomalías en un proceso, como se observa en la figura 14.7. En general, una corrida de cinco puntos arriba o abajo del objetivo, o línea central, sugiere la presencia de una variación asignable o no aleatoria. Cuando así ocurre se tiene una señal, aunque todos los puntos caigan dentro de los límites de control. Esto significa que el proceso quizá no esté estadísticamente bajo control. Diversas corridas de pruebas se describen en los libros bajo el tema de métodos de calidad.⁴

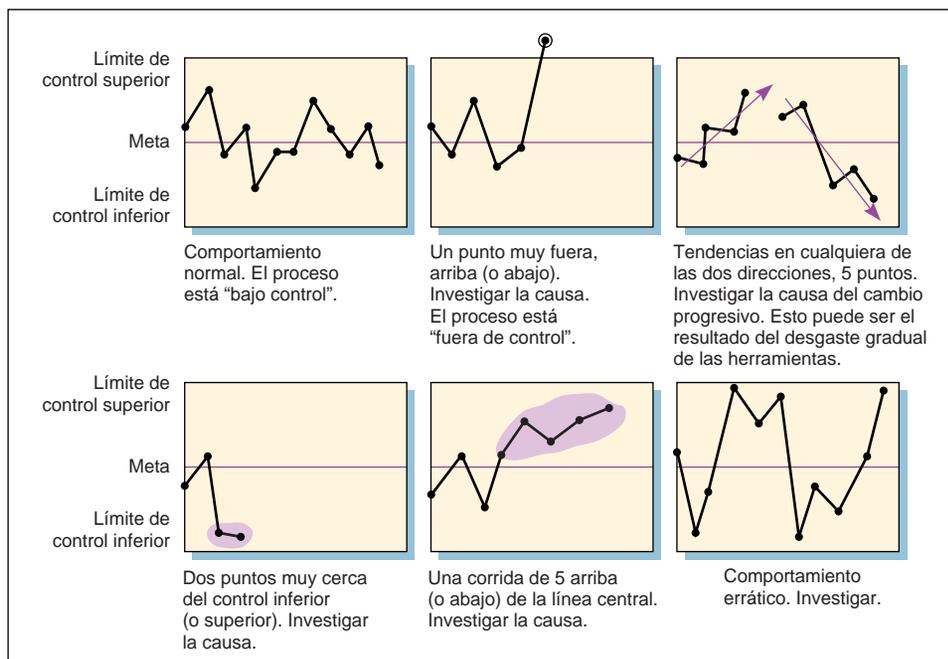
Corrida de prueba

Una manera de examinar los puntos en una gráfica de control para observar si existen variaciones no aleatorias.

FIGURA 14.7 ■

Patrones observables en las gráficas de control

Fuente: Adaptado de Bertrand L. Hansen, *Quality Control: Theory and Applications* (1991): 65. Reimpreso con autorización de Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey.



⁴Véase James R. Thompson y Jacob Koroncki, *Statistical Process Control for Quality Improvement* (Nueva York: Chapman & Hall, 1993), o Fred Aslup y Ricky Watson, *Practical Statistical Process Control* (Nueva York: Van Nostrand Reinhold, 1993).

HABILIDAD DEL PROCESO

Cuando nos referimos al “control estadístico del proceso”, lo que queremos decir es que deseamos mantener el proceso bajo control. Esto significa que la variación natural del proceso debe ser suficientemente pequeña (estrecha) como para elaborar productos que reúnan los estándares (calidad) requeridos. Sin embargo, un proceso que se encuentra bajo control estadístico podría no fructificar en bienes y servicios que cumplen sus *especificaciones de diseño* (tolerancias). La habilidad de un proceso para cumplir las especificaciones de diseño, establecidas por ingeniería de diseño o por los requerimientos del cliente, se denomina **habilidad del proceso**. Aun cuando un proceso esté bajo control estadístico (estable), a veces el resultado no reúne las especificaciones.

Por ejemplo, digamos que el tiempo que un cliente está dispuesto a esperar para que terminen el trabajo de lubricación de su automóvil en Quick Lube es 12 minutos, con una tolerancia aceptable de ± 2 minutos. Esta tolerancia da una especificación superior de 14 minutos y una especificación inferior de 10 minutos. El proceso de lubricación debe ser capaz de operar dentro de estas especificaciones de diseño; de no ser así, los requerimientos de algunos clientes no quedarán satisfechos. En un ejemplo de manufactura, las tolerancias de los engranes en Harley-Davidson son extremadamente bajas, sólo ¡0.0005 pulgadas!

Existen dos medidas populares para determinar cuantitativamente si un proceso es capaz: la razón de habilidad del proceso (C_p) y el índice de habilidad del proceso (C_{pk}).

Razón de habilidad del proceso (C_p)

Para que un proceso sea capaz, sus valores deben caer dentro de las especificaciones superior e inferior. Eso significa en general que la habilidad del proceso está dentro de ± 3 desviaciones estándar de la media del proceso. Puesto que este intervalo de valores es de 6 desviaciones estándar, la tolerancia de un proceso capaz, que es la diferencia entre las especificaciones superior e inferior, debe ser mayor o igual que 6σ .⁵

La razón de la habilidad del proceso, C_p , se calcula como:

$$C_p = \frac{\text{Especificación superior} - \text{especificación inferior}}{6\sigma} \quad (14-13)$$

Un proceso capaz tiene una C_p de cuando menos 1.0. Si C_p es menor que 1.0, los productos o servicios que produce el proceso están fuera de su tolerancia permitida. Con una C_p de 1.0, se espera que 2.7 partes en 1000 estén “fuera de especificaciones”.⁶ Cuanto mayor sea la razón de habilidad del proceso, mayor es la probabilidad de que el proceso esté dentro de las especificaciones de diseño. Muchas empresas han elegido como meta una razón C_p de 1.33 para reducir la variabilidad del proceso. Esto significa que esperan que sólo 64 partes por millón estén fuera de lo especificado.

Ejemplo 6

En el proceso de reclamaciones de seguros de GE, $\bar{x} = 210.0$, y $\sigma = .516$ minutos.

La especificación de diseño para cumplir las expectativas del cliente es 210 ± 3 minutos. Por lo tanto, la especificación superior es 213 minutos y la especificación inferior 207 minutos.

$$C_p = \frac{\text{Especificación superior} - \text{especificación inferior}}{6\sigma} = \frac{213 - 207}{6(.516)} = 1.938$$

Dado que una razón de 1.00 significa que 99.73% de los resultados de un proceso están dentro de las especificaciones, esta razón sugiere un proceso muy capaz, con una inconformidad inferior a 4 reclamaciones por millón.

Recuerde que en el capítulo 13 mencionamos el concepto de calidad *six sigma*, donde GE y Motorola van a la cabeza. Este estándar se calcula en una razón C_p de 2.0, con sólo 3.4 partes defectuosas por millón (muy cerca de cero defectos) en lugar de 2.7 partes por 1,000 con los límites 3 sigma.

Si bien C_p se relaciona con la dispersión del resultado del proceso relativa a su tolerancia, no observa la forma en que el promedio del proceso se centra en su valor meta.

⁵Véase *A Pocket Guide of Tools for Quality* de GE, Methuen, MA (1994): 139-143.

⁶Esto se debe a que C_p igual a 1.0 tiene 99.73% de resultados dentro de las especificaciones. Por lo cual, $1.00 - .9973 = .0027$; en 1000 partes, hay $.0027 \times 1000 = 2.7$ defectos.

Con una C_p de 2.0, 99.99966% de los resultados están “dentro de especificaciones”. Por lo cual, $1.00 - .9999966 = .0000034$; en un millón de partes, hay 3.4 defectos.

Habilidad del proceso

Aptitud para cumplir con las especificaciones de diseño.

C_p

Razón o cociente para determinar si un proceso reúne las especificaciones de diseño.

Índice de habilidad del proceso (C_{pk})

C_{pk}
 Proporción de la variación natural (3σ) entre el centro del proceso y el límite de especificación más cercano.

El índice de habilidad del proceso, C_{pk} , mide la diferencia entre las dimensiones deseadas y las reales de los bienes o servicios producidos.

La fórmula del índice C_{pk} es:

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{\text{límite de especificación superior} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - \text{límite de especificación inferior}}{3\sigma} \right] \quad (14-14)$$

donde \bar{X} = media del proceso
 σ = desviación estándar de la población de un proceso

Cuando el índice C_{pk} es igual a 1.0, la variación del proceso se centra entre los límites de especificación inferior y superior y el proceso es capaz de producir dentro de ± 3 desviaciones estándar (menos de 2,700 defectos por millón). Un C_{pk} de 2.0 significa que el proceso es capaz de producir menos de 3.4 defectos por millón. La figura 14.8 muestra el significado de varias medidas de C_{pk} y el ejemplo 7 muestra una aplicación de C_{pk} .

Ejemplo 7

Usted es el gerente de mejoras de proceso y ha desarrollado una nueva máquina para cortar las plantillas de la mejor línea de zapatos deportivos de la compañía. Está emocionado porque la meta de la empresa es en no más de 3.4 defectos por millón, y esta máquina parece ser la innovación que usted necesita. Las plantillas no pueden exceder por más de $\pm .001$ pulgada el grosor requerido de .250 pulgada. Usted desea saber si necesita reemplazar la máquina existente, cuyo C_{pk} es 1.0. Por lo tanto, decide determinar el C_{pk} de la nueva máquina y tomar su decisión con base en ello.

Límite de especificación superior = .251 de pulgada

Límite de especificación inferior = .249 de pulgada

Media del nuevo proceso \bar{X} = .250 de pulgada.

Desviación estándar estimada del nuevo proceso = s = .0005 pulgada.

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{\text{límite de especificación superior} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - \text{límite de especificación inferior}}{3\sigma} \right]$$

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{(.251) - .250}{(3).0005}, \frac{.250 - (.249)}{(3).0005} \right]$$

Ambos cálculos dieron: $\frac{.001}{.0015} = 0.67$.

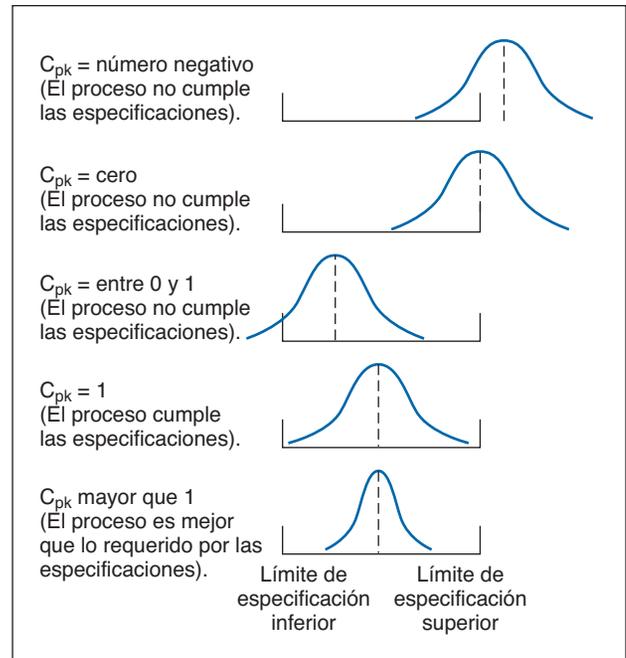
Con un C_{pk} de sólo 0.67, la nueva máquina *no* debe reemplazar a la existente.

Si la media del proceso no está centrada en la media deseada (especificada), entonces se usa el número más pequeño en el numerador de la ecuación (14-14) (el mínimo entre el límite superior de la especificación, menos la media y el del límite inferior de la especificación menos la media). Esta aplicación de C_{pk} se muestra en el problema resuelto 14.4.

Cuando el proceso se centra entre el límite superior y el límite inferior de la especificación (como fue el caso en el ejemplo 6) la razón de habilidad del proceso será igual al índice de habilidad del proceso. No obstante, el índice C_{pk} mide la habilidad *real* de un proceso, esté o no esté centrada su media entre los límites de la especificación. Como en la vida real a menudo las distribuciones de los procesos *no* están centradas, la mayoría de las compañías emplean el C_{pk} para dar a conocer sus expectativas a los proveedores. Cummings Engine Company, por ejemplo, primero solicitó a sus proveedores que emplearan un C_{pk} arriba de 1.33 y después trabajó con ellos para elevar esa habilidad a un C_{pk} superior a 1.67.

FIGURA 14.8 ■**Significados de las medidas C_{pk}**

Un índice C_{pk} de 1.0 indica que la variación del proceso está centrada dentro de los límites de control inferior y superior. Cuando el C_{pk} aumenta a más de 1, el proceso se orienta cada vez más a la meta, con menos defectos. Si el C_{pk} es menor que 1.0, el proceso no producirá dentro de la tolerancia especificada.



MUESTREO DE ACEPTACIÓN⁷

Muestreo de aceptación

Método para medir muestras aleatorias de lotes o grupos de productos contra estándares predeterminados.

Curva característica de operación (OC)

Gráfica que describe qué tan bien un plan de aceptación discrimina entre lotes buenos y malos.

Riesgo del productor

Error que consiste en que el muestreo rechace un buen lote del productor.

Riesgo del consumidor

Error que consiste en que el consumidor acepte un mal lote o descuido en el muestreo.

El **muestreo de aceptación** es una manera de probar que implica tomar muestras aleatorias de "lotes" o grupos de productos terminados para medirlas contra estándares predeterminados. El muestreo es más económico que la inspección al 100%. La calidad de la muestra se emplea para juzgar la calidad de todos los artículos en el lote. Aun cuando se inspeccionan los atributos y las variables mediante el muestreo de aceptación, es más común usar la inspección por atributos como se ilustra en esta sección.

El muestreo de aceptación suele aplicarse cuando los materiales llegan a la planta o en la inspección final, pero casi siempre se emplea para controlar los lotes de productos comprados que llegan. Un lote de artículos rechazados, con base en un nivel inaceptable de defectos encontrados en la muestra, puede **1.** regresarse al proveedor o **2.** inspeccionarse al 100% para separar todos los defectuosos, usualmente cobrando al proveedor el costo de esta tarea. No obstante, el muestreo de aceptación no sustituye los controles adecuados del proceso. De hecho, el enfoque actual es construir controles estadísticos de calidad de los proveedores con la finalidad de eliminar el muestreo de aceptación.

Curva característica de operación

La **curva característica de operación (OC)** describe qué tan bien un plan de aceptación discrimina entre lotes buenos y lotes malos. Una curva pertenece a un plan específico, es decir, a una combinación de n (tamaño de la muestra) y c (nivel de aceptación). Lo que se intenta es mostrar la probabilidad de que el plan acepte lotes con distintos niveles de calidad.

En el muestreo de aceptación casi siempre intervienen dos partes: el fabricante del producto y el consumidor del producto. Al especificar un plan de aceptación, cada parte quiere eludir los costosos errores de aceptar o rechazar un lote. Por lo común, el productor tiene la responsabilidad de reemplazar todas las partes defectuosas rechazadas en el lote o pagar al cliente el embarque de un nuevo lote. En consecuencia, el productor desea evitar el error de que un lote bueno sea rechazado (**riesgo del productor**). Por su parte, el cliente o consumidor trata de evitar el error de aceptar un lote malo, porque los defectos encontrados en un lote previamente aceptado casi siempre son responsabilidad del cliente (**riesgo del consumidor**). La curva OC muestra las características de un plan de muestreo particular, incluidos los riesgos de tomar una mala decisión.⁸

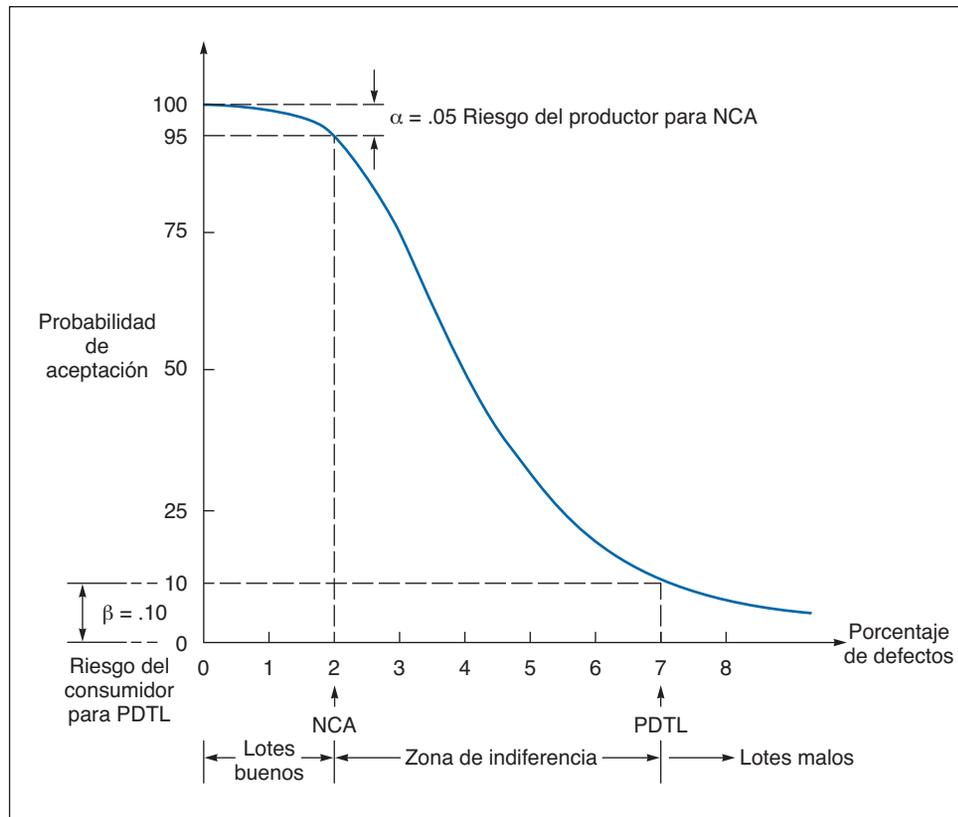
⁷Una amplia discusión sobre muestreo de aceptación se encuentra el Tutorial 2 en su CD-ROM.

⁸Observe que con el muestreo siempre se corre el peligro de llegar a una conclusión equivocada. Digamos en este ejemplo que la población total bajo observación es una carga de 1,000 chips de computadora, de los cuales en realidad sólo 30 (o 3%) son defectuosos. Eso significa que querríamos aceptar el embarque de chips, porque 4% de defectos es el promedio aceptado. Sin embargo, si tomáramos una muestra aleatoria de $n = 50$ chips, es posible que encontráramos 0 defectos y aceptáramos el embarque (lo cual está bien), pero también podríamos encontrar en la muestra el total de los 30 defectos. Si ocurriera esto último, podríamos concluir de manera equivocada que 60% de la población total tiene defectos y rechazarla toda.

FIGURA 14.9 ■

Curva característica de operación (OC) que muestra los riesgos del productor y del consumidor

Para este plan particular de aceptación, un buen lote tiene como máximo 2% de defectos. Un mal lote tiene 7% de defectos o más.



La figura 14.9 ilustra con mayor detalle un plan de aceptación. En dicha figura se manejan cuatro conceptos.

Nivel de calidad aceptable (NCA)

Nivel de calidad que se considera bueno para un lote.

El **nivel de calidad aceptable (NCA)** es el nivel de calidad más bajo que estamos dispuestos a aceptar. En otras palabras, estamos dispuestos a aceptar lotes con éste nivel de calidad o mejor, pero no peor. Si el nivel aceptable de calidad es 20 defectos en un lote de 1,000 artículos o partes, entonces el NCA es $20/1,000 = 2\%$ de defectos.

Porcentaje de defectos tolerados en el lote (PDTL)

Nivel de calidad que se considera malo para un lote.

El **porcentaje de defectos tolerados en el lote (PDTL)** es el nivel de calidad de un lote que consideramos malo. Queremos rechazar los lotes que tengan este nivel de calidad o uno menor. Si se acuerda que el nivel inaceptable de calidad es 70 defectos en un lote de 1,000, entonces el PDTL es $70/1,000 = 7\%$ de defectos.

Para obtener un plan de muestreo, productor y consumidor deben definir no sólo qué es un “lote bueno” y un “lote malo” a través del NCA y el PDTL, sino también especificar los niveles de riesgo.

El **riesgo del productor (α)** es la probabilidad de que un lote “bueno” sea rechazado. Éste es el riesgo de que una muestra aleatoria pueda dar como resultado una proporción de defectos mucho mayor que la de la población de todos los artículos. Un lote con un nivel de calidad aceptable NCA aún tiene una probabilidad α de ser rechazado. Los planes de muestreo a menudo se diseñan para establecer el riesgo del productor en $\alpha = .05$, o 5%.

Este dispositivo de rastreo con láser, de Faro Technologies, permite que los trabajadores de control de la calidad midan e inspeccionen partes y herramientas durante la producción. El rastreador mide objetos desde una distancia de 100 pies y toma hasta mil lecturas por segundo.



Error tipo I

En términos estadísticos, la probabilidad de que se rechace un buen lote.

Error tipo II

En términos estadísticos, la probabilidad de que se acepte un mal lote.

El *riesgo del consumidor* (β) es la probabilidad de que se acepte un lote “malo”. Éste es el riesgo de que una muestra aleatoria dé como resultado una proporción de defectos menor que la de la población total de artículos. El valor común del riesgo del consumidor en los planes de muestreo es $\beta = .10$, o 10%.

La probabilidad de rechazar un lote bueno se denomina **error tipo I**. La probabilidad de aceptar un lote malo se le llama **error tipo II**.

Los planes de muestreo y las curvas OC se desarrollan por computadora (como se observa en el software disponible con este libro), empleando tablas publicadas como la U.S. Military Standard MIL-STD-105 y la tabla Dodge-Roming o, mediante cálculos usando las distribuciones binomial o de Poisson.⁹

Calidad de salida promedio

En la mayoría de los planes de muestreo, cuando se rechaza un lote se inspecciona el lote entero y se reemplazan todos los artículos defectuosos. El uso de esta técnica de reemplazo mejora la calidad de salida promedio en términos del porcentaje de defectos. De hecho, dado **1.** cualquier plan de muestreo que reemplace todos los artículos defectuosos encontrados y **2.** el porcentaje de defectos de entrada verdadero para el lote, es posible determinar la **calidad de salida promedio (CSP)** como un porcentaje de defectos. La ecuación para CSP es:

$$CSP = \frac{(P_d)(P_a)(N - n)}{N} \tag{14-15}$$

donde P_d = porcentaje de defectos verdadero del lote
 P_a = probabilidad de aceptar el lote
 N = número de artículos en el lote
 n = número de artículos en la muestra

Calidad de salida promedio (CSP)

Porcentaje de defectos en un lote promedio de bienes inspeccionado mediante el muestreo de aceptación.

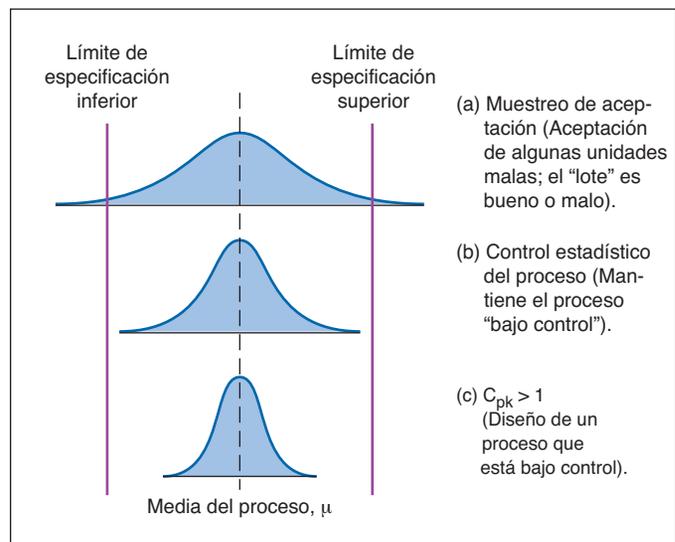
El valor máximo de CSP corresponde al porcentaje de defectos promedio más alto o a la calidad promedio más baja para el plan de muestreo. Esto se conoce como *límite de calidad de salida promedio (LCSP)*.

El muestreo de aceptación es útil para observar los lotes entrantes. Cuando se reemplazan las partes defectuosas con partes buenas, el muestreo de aceptación ayuda a incrementar la calidad de los lotes al reducir el porcentaje de defectos de salida.

En la figura 14.10 se comparan el muestreo de aceptación, SPC, y el índice C_{pk} . Como se ve en esa figura, **a)** el muestreo de aceptación, por definición, acepta algunas unidades malas, **b)** las gráficas de control buscan mantener el proceso bajo control, pero **c)** el índice C_{pk} centra la atención en mejorar el proceso. Como administradores de operaciones, eso es precisamente lo que queremos hacer: mejorar el proceso.

FIGURA 14.10 ■

La aplicación de las técnicas estadísticas de procesos contribuye a la identificación y reducción sistemática de la variabilidad de un proceso



⁹Las dos tablas que se emplean con más frecuencia para los planes de aceptación son *Military Standard Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes* (MIL-STD-105D) (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1963), y H. F. Dodge y H. G. Roming, *Sampling Inspection Tables—Single and Double Sampling*, 2a. ed. (Nueva York: John Wiley, 1959).

RESUMEN

El control estadístico de procesos es la principal herramienta estadística para el control de la calidad. Las gráficas de control para SPC ayudan a los administradores de operaciones a distinguir entre las variaciones naturales y asignables. Las gráficas \bar{x} y las gráficas R se utilizan para el muestreo de variables, mientras que las gráficas p y gráficas c para el muestreo de atributos. El índice C_{pk} es una forma de expresar la habilidad del proceso. Las curvas características de operación (OC) facilitan el muestreo de aceptación y proporcionan al administrador las herramientas para evaluar la calidad de una corrida de producción o de un embarque.

TÉRMINOS CLAVE

| | |
|---------------------------------------|--|
| Control estadístico del proceso (SPC) | C_p |
| Gráfica de control | C_{pk} |
| Variación natural | Muestreo de aceptación |
| Variación asignable | Curva característica de operación (OC) |
| Gráfica \bar{x} | Riesgo del productor |
| Gráfica R | Riesgo del consumidor |
| Teorema del límite central | Nivel de calidad aceptable (NCA) |
| Gráficas p | Porcentaje de defectos tolerados en el lote (PDTL) |
| Gráficas c | Error tipo I |
| Corrida de prueba | Error tipo II |
| Habilidad del proceso | Calidad de salida promedio (CSP) |

USO DE EXCEL OM PARA SPC

Excel y otras hojas de cálculo se usan ampliamente en la industria para mantener las gráficas de control. El módulo de control de calidad de Excel OM tiene la capacidad de elaborar gráficas \bar{x} gráficas p y gráficas c . El programa 14.1 ilustra el enfoque de las hojas de cálculo de Excel OM para calcular los límites de control \bar{x} para la compañía Oat Flakes del ejemplo 1. Excel también tiene integrada la posibilidad de graficar con Chart Wizard.

Microsoft Excel - HR6.captures.xls

| Quality Control | | |
|-------------------------------|----|--|
| Number of samples | 12 | |
| Sample size | 9 | |
| Population standard deviation | 1 | |

| Data | Mean |
|---------|------|
| Hour 1 | 16.1 |
| Hour 2 | 16.8 |
| Hour 3 | 15.5 |
| Hour 4 | 16.5 |
| Hour 5 | 16.5 |
| Hour 6 | 16.4 |
| Hour 7 | 15.2 |
| Hour 8 | 16.4 |
| Hour 9 | 16.3 |
| Hour 10 | 14.8 |
| Hour 11 | 14.2 |
| Hour 12 | 17.3 |
| Average | 16 |

| Results | |
|---------------------|---------|
| x-bar value | 16 |
| z value | 3 |
| Sigma x bar | 0.33333 |
| Upper control limit | 17 |
| Center line | 16 |
| Lower control limit | 15 |

Annotations:

- No cambie esta celda sin haber cambiado el número de renglones en la tabla de datos.
- Introduzca la desviación estándar de la población, después los datos de cada muestra. Por último, puede cambiar el número de desviaciones estándar.
- Introduzca los datos del tamaño de cada una de las muestras tomadas por hora.
- Introduzca el peso promedio para cada una de las 12 muestras.
- Introduzca el número deseado de desviaciones estándar.
- Use el promedio global como línea central; sume y reste el número deseado de desviaciones estándar para crear los límites de control superior e inferior (ejemplo, LCI = F10 - F11*F12).
- Calcule x barra menos el peso promedio global de todas las muestras = PROMEDIO (B10:B21).

PROGRAMA 14.1 ■ Información de entrada de Excel OM y fórmulas seleccionadas para el ejemplo 1 de Oat Flakes

USO DE POM PARA WINDOWS

El módulo de control de calidad de POM para Windows calcula todas las gráficas de control de SPC presentadas en este suplemento. Asimismo maneja muestreo de aceptación y curvas características de operación.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 14.1

Un fabricante de partes para maquinaria de precisión produce ejes empleados en la construcción de taladros. El diámetro promedio de un eje es .56 pulgadas. Las muestras de inspección contienen 6 ejes cada una. El rango promedio de estas muestras es .006 pulgadas. Determine los límites de control superior e inferior para las gráficas \bar{x}

SOLUCIÓN

El factor promedio A_2 de la tabla 14.1, donde el tamaño de la muestra es 6, es .483. Con este factor se obtienen los límites de control superior e inferior:

$$\begin{aligned} \text{LCS}_{\bar{x}} &= .56 + (.483)(.006) \\ &= .56 + .0029 \\ &= .5629 \text{ pulgadas} \\ \text{LCI}_{\bar{x}} &= .56 - .0029 \\ &= .5571 \text{ pulgadas} \end{aligned}$$

Problema resuelto 14.2

Nocaf Drinks, Inc. produce café descafeinado en frascos de Nocaf. Cada frasco debe contener un peso neto de 4 onzas. La máquina que llena los frascos con café es nueva y el administrador de operaciones desea cerciorarse de que tiene el ajuste adecuado. Bonnie Crutcher, la administradora de operaciones, toma una muestra de $n = 8$ frascos y registra el promedio y el rango en onzas de cada muestra. Los datos de varias muestras se presentan en la siguiente tabla. Observe que cada muestra está compuesta por 8 frascos.

| MUESTRA | RANGO DE LA MUESTRA | PROMEDIO DE LA MUESTRA | MUESTRA | RANGO DE LA MUESTRA | PROMEDIO DE LA MUESTRA |
|---------|---------------------|------------------------|---------|---------------------|------------------------|
| A | .41 | 4.00 | E | .56 | 4.17 |
| B | .55 | 4.16 | F | .62 | 3.93 |
| C | .44 | 3.99 | G | .54 | 3.98 |
| D | .48 | 4.00 | H | .44 | 4.01 |

¿Está la máquina bien ajustada y bajo control?

SOLUCIÓN

Primero encontramos que $\bar{\bar{x}} = 4.03$ y $\bar{R} = .51$. Después, usando la tabla 14.1, encontramos que:

$$\begin{aligned} \text{LCS}_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 4.03 + (.373)(.51) = 4.22 \\ \text{LCI}_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = 4.03 - (.373)(.51) = 3.84 \\ \text{LCI}_R &= D_4\bar{R} = (1.864)(.51) = .95 \\ \text{LCI}_R &= D_3\bar{R} = (.136)(.51) = .07 \end{aligned}$$

Parece que tanto el promedio del proceso como el rango están bajo control.

Problema resuelto 14.3

Altman Distributors, Inc., surte sus pedidos por catálogo. Entre los últimos 100 pedidos embarcados, el porcentaje de errores fue .05. Determine los límites superior e inferior de este proceso para 99.73% de confianza.

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned} \text{LCS}_p &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = .05 + 3\sqrt{\frac{(.05)(1-.05)}{100}} \\ &= .05 + 3(0.0218) = .1154 \\ \text{LCI}_p &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = .05 - 3(.0218) \\ &= .05 - .0654 = 0 \text{ (porque el porcentaje de defectos no puede ser negativo)} \end{aligned}$$

Problema resuelto 14.4

Ettlie Engineering tiene un nuevo sistema catalizador de inyección para su línea de producción de cubiertas de mostradores. Su departamento de ingeniería de proceso realizó experimentos y determinó que la media es 8.01 gramos con una desviación estándar de .03. Sus especificaciones son:

$$\begin{aligned} \mu &= 8.0 \text{ y } \sigma = .04, \text{ lo cual significa un límite de especificación superior de } 8.12 [= 8.0 + 3(.04)] \\ &\text{y un límite de especificación inferior de } 7.88 [= 8.0 - 3(.04)]. \end{aligned}$$

¿Cuál es el C_{pk} de desempeño del sistema de inyección? Usando nuestra fórmula:

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{\text{límite de especificación superior} - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - \text{límite de especificación inferior}}{3\sigma} \right]$$

donde \bar{X} = media del proceso
 σ = desviación estándar de la población del proceso

$$C_{pk} = \text{mínimo de} \left[\frac{8.12 - 8.01}{(3)(.03)}, \frac{8.01 - 7.88}{(3)(.03)} \right]$$

$$\left[\frac{.11}{.09} = 1.22, \frac{.13}{.09} = 1.44 \right]$$

El mínimo es 1.22, por lo tanto el C_{pk} de 1.22 está dentro de las especificaciones y tiene una tasa de error implícita menor a 2,700 defectos por millón.

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como ayuda con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Autoevaluaciones
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet
- Caso de estudio en Internet



PREGUNTAS PARA ANALIZAR

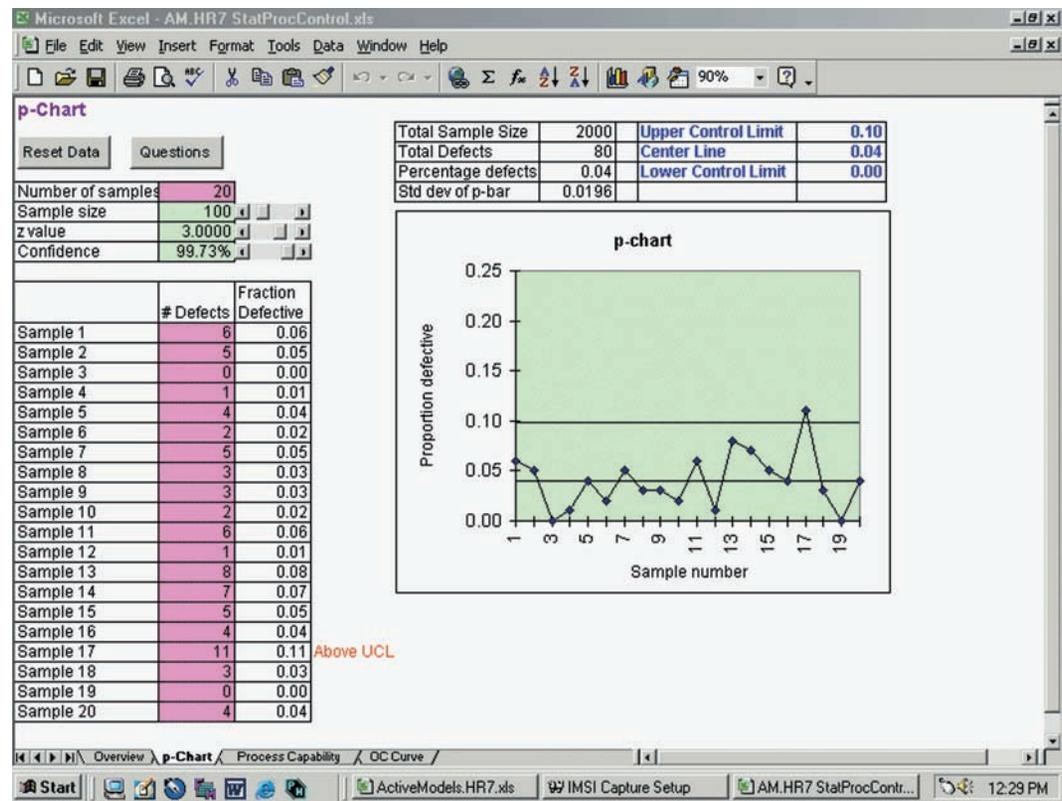
1. Mencione los dos tipos de variación de Shewhart. ¿De qué otra forma se les llama?
2. Defina “bajo control estadístico”.
3. Explique en forma breve qué hacen la gráfica \bar{x} y la gráfica R .
4. ¿Qué origina que un proceso esté fuera de control?
5. Señale los cinco pasos en el desarrollo y uso de la gráfica \bar{x} y la gráfica R .
6. Enumere algunas causas posibles de variación asignable.
7. Explique por qué es más fácil que una persona encuentre muestras “fuera de los límites” si usa las gráficas de control 2-sigma que con las gráficas de control 3-sigma. ¿Cuáles son algunas consecuencias posibles de esto?
8. ¿Cuándo se utiliza la media deseada, μ , en lugar de \bar{x} para establecer la línea central de una gráfica de control?
9. ¿Un proceso de producción se calificará como “fuera de control” porque es demasiado bueno? Explique por qué.
10. En una gráfica de control, ¿cuál sería el efecto sobre los límites de control si el tamaño de la muestra varía de una muestra a otra?
11. Defina C_{pk} y explique lo que significa un C_{pk} de 1.0. ¿Qué es la C_p ?
12. En una gráfica de control, ¿qué implica una corrida de cinco puntos arriba o abajo de la línea central?
13. ¿Qué son el nivel de calidad aceptable (NCA) y el porcentaje de defectos tolerados en el lote (PDTL)? ¿Cómo se emplean?
14. ¿Qué es una corrida de prueba y cuándo se usa?
15. Analice los aspectos de administración acerca del uso de las gráficas de control.
16. ¿Qué es una curva OC?
17. ¿Cuál es el propósito del muestreo de aceptación?
18. ¿Cuáles son los dos riesgos presentes cuando se utiliza el muestreo de aceptación?
19. ¿Un proceso capaz es un proceso perfecto? Es decir, ¿un proceso capaz puede generar sólo resultados que cumplan las especificaciones? Explique su respuesta.



EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

Este modelo activo le permite evaluar elementos importantes en las gráficas p .

MODELO ACTIVO 14.1



Preguntas

1. ¿Está el proceso bajo control?
2. Suponga que empleamos una gráfica p de 95%. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior? ¿El proceso se ha salido más de control?
3. Suponga que el tamaño de las muestras en realidad fue 120 y no 100 como se suponía. ¿Cómo afecta esto a la gráfica?
4. ¿Qué ocurre con la gráfica si reducimos el valor de z ?
5. ¿Qué pasa con la gráfica si reducimos el porcentaje?



PROBLEMAS*

- 14.1 Las cajas de Organic Flakes se fabrican con una capacidad de 14 onzas y una desviación estándar de .1 de onza. Establezca la gráfica \bar{x} de 3-5 sigma para un tamaño de muestra de 36 cajas.
- 14.2 El promedio global de un proceso que usted pretende monitorear es 50 unidades. La desviación estándar del proceso es 1.72. Determine los límites de control superior e inferior para una gráfica de media, si elige un tamaño de muestra de 5. Establezca $z = 3$.
- 14.3 Se tomaron 35 muestras, de 7 sacos cada una, de una máquina de llenado de sacos con fertilizante. Los resultados fueron: media global = 57.75 libras; rango promedio = 1.78 libras.
 - a) Determine los límites de control superior e inferior de la gráfica \bar{x}
 - b) Determine los límites de control superior e inferior de la gráfica R .

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows; significa que el problema se resuelve con Excel OM, y que se resuelve con POM para Windows o con Excel OM.

P_x . 14.4 Food Storage Technologies fabrica unidades de refrigeración para productores de alimentos y establecimientos de venta de alimentos al menudeo. Estas unidades mantienen una temperatura global promedio de 46° Fahrenheit. El rango promedio es de 2° Fahrenheit. Se toman muestras de 6 unidades para vigilar el proceso de producción. Determine los límites de control superior e inferior para una gráfica de media y una gráfica de rango para estas unidades de refrigeración.

P_x . 14.5 Len Liter pretende supervisar un proceso de llenado que tiene un promedio global de 705 cc. El rango promedio es 6 cc. Si usa un tamaño de muestra de 10 ¿cuáles son los límites de control superior e inferior para la media y el rango?

P_x : 14.6 El muestreo de 4 piezas cada hora de alambre cortado con precisión (para un ensamble de computadoras) generó los siguientes resultados durante las últimas 24 horas:

| HORA | \bar{x} | R | HORA | \bar{x} | R |
|------|-----------|------|------|-----------|------|
| 1 | 3.25" | .71" | 13 | 3.11" | .85" |
| 2 | 3.10 | 1.18 | 14 | 2.83 | 1.31 |
| 3 | 3.22 | 1.43 | 15 | 3.12 | 1.06 |
| 4 | 3.39 | 1.26 | 16 | 2.84 | .50 |
| 5 | 3.07 | 1.17 | 17 | 2.86 | 1.43 |
| 6 | 2.86 | .32 | 18 | 2.74 | 1.29 |
| 7 | 3.05 | .53 | 19 | 3.41 | 1.61 |
| 8 | 2.65 | 1.13 | 20 | 2.89 | 1.09 |
| 9 | 3.02 | .71 | 21 | 2.65 | 1.08 |
| 10 | 2.85 | 1.33 | 22 | 3.28 | .46 |
| 11 | 2.83 | 1.17 | 23 | 2.94 | 1.58 |
| 12 | 2.97 | .40 | 24 | 2.64 | .97 |

Elabore las gráficas de control apropiadas y determine si existe alguna causa de preocupación en el proceso de corte. Grafique la información y busque algún patrón.

P_x : 14.7 Los pistones para automóviles (de 155 mm) se producen en un proceso de forja, y el diámetro es un factor crítico que debe controlarse. El rango y la media obtenidos a partir de muestras de 10 pistones de la producción diaria son los siguientes:

| DÍA | MEDIA | RANGO |
|-----|-------|-------|
| 1 | 156.9 | 4.2 |
| 2 | 153.2 | 4.6 |
| 3 | 153.6 | 4.1 |
| 4 | 155.5 | 5.0 |
| 5 | 156.6 | 4.5 |

Elabore una gráfica \bar{x} de 3-5 sigma y una gráfica R de 3-sigma para este factor.

P_x : 14.8 La etiqueta de las cajas pequeñas de cereal NutraFlakes dice “peso neto 10 onzas”. Cada hora se pesan muestras aleatorias de tamaño $n = 4$ para revisar el control del proceso. Después de cinco horas de observaciones se obtuvieron los siguientes datos:

| HORAS | PESOS | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| | CAJA 1 | CAJA 2 | CAJA 3 | CAJA 4 |
| 9 A.M. | 9.8 | 10.4 | 9.9 | 10.3 |
| 10 A.M. | 10.1 | 10.2 | 9.9 | 9.8 |
| 11 A.M. | 9.9 | 10.5 | 10.3 | 10.1 |
| Noon | 9.7 | 9.8 | 10.3 | 10.2 |
| 1 P.M. | 9.7 | 10.1 | 9.9 | 9.9 |

- a) Con estos datos determine los límites para una gráfica \bar{x} y una gráfica R (emplee la tabla 14.1).
- b) ¿El proceso está bajo control?
- c) ¿Qué otros pasos debe seguir el departamento de control de la calidad en este punto?

: 14.9 Whole Grains LLC aplica control estadístico del proceso para asegurar que sus hogazas de pan multigrano para sandwiches, bajo en grasa y saludable, tengan el peso apropiado de 6 onzas. Con base en un proceso estable y bajo control, se sabe que los límites para las gráficas \bar{x} y R son: $LCS_{\bar{x}} = 6.56$, $LCI_{\bar{x}} = 5.84$, $LCS_R = 1.141$, $LCI_R = 0$. Durante los últimos días, se tomaron 5 muestras aleatorias de cuatro hogazas cada una y se encontró lo siguiente:

| MUESTRA | PASO NETO | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | HOGAZA #1 | HOGAZA #2 | HOGAZA #3 | HOGAZA #4 |
| 1 | 6.3 | 6.0 | 5.9 | 5.9 |
| 2 | 6.0 | 6.0 | 6.3 | 5.9 |
| 3 | 6.3 | 4.8 | 5.6 | 5.2 |
| 4 | 6.2 | 6.0 | 6.2 | 5.9 |
| 5 | 6.5 | 6.6 | 6.5 | 6.9 |

¿Sigue estando el proceso bajo control?

- 14.10 Un proceso que se considera bajo control mide un ingrediente en onzas. La tabla da los datos de las 10 últimas muestras tomadas (el tamaño de cada una es $n = 5$).

| MUESTRAS | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10 | 9 | 13 | 10 | 12 | 10 | 10 | 13 | 8 | 10 |
| 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 10 | 8 | 12 |
| 10 | 11 | 10 | 11 | 9 | 8 | 10 | 8 | 12 | 9 |
| 9 | 11 | 10 | 10 | 11 | 12 | 8 | 10 | 12 | 8 |
| 12 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 | 9 | 8 | 9 | 12 |

- a) ¿Cuál es la desviación estándar del proceso? ¿Cuál es su $\sigma_{\bar{x}}$?
- b) Si $z = 3$, ¿cuáles son los límites de control para la gráfica de media?
- c) ¿Cuáles son los límites de control para la gráfica de rangos?
- d) ¿Está el proceso bajo control?

- 14.11

Se tomaron 12 muestras de 5 partes a partir de un proceso de producción de barras de acero cuya longitud debe ser 10 pulgadas. Se determinó la longitud de cada barra en las muestras. Se tabularon los resultados y se calcularon las medias y rangos. Los resultados fueron:

| MUESTRA | MEDIA DE LA MUESTRA (PULGADAS) | RANGO (PULGADAS) |
|---------|--------------------------------|------------------|
| 1 | 10.002 | 0.011 |
| 2 | 10.002 | 0.014 |
| 3 | 9.991 | 0.007 |
| 4 | 10.006 | 0.022 |
| 5 | 9.997 | 0.013 |
| 6 | 9.999 | 0.012 |
| 7 | 10.001 | 0.008 |
| 8 | 10.005 | 0.013 |
| 9 | 9.995 | 0.004 |
| 10 | 10.001 | 0.011 |
| 11 | 10.001 | 0.014 |
| 12 | 10.006 | 0.009 |

Determine los límites de control superior e inferior y las medias globales para las gráficas \bar{x} y R . Grafique los valores de las medias y rangos de las muestras. ¿Considera que los datos indican que el proceso está bajo control? ¿Por qué?

- 14.12

Durante los últimos dos meses, Pat LaPoint ha estado preocupado por la máquina número 5 de las instalaciones de West Factory. Para cerciorarse de que la máquina opera correctamente, toma muestras y calcula los promedios y los rangos de cada una. Cada muestra consta de 10 artículos producidos en esa máquina. Recientemente se tomaron 12 muestras y se calcularon los rangos y promedios de cada una. Los rangos y promedios respectivos fueron 1.1 y 46 para la primera muestra; 1.31 y 45 para la segunda; .91 y 46 para la tercera, y 1.1 y 47 para la cuarta. Después de la cuarta muestra, los promedios muestrales aumentaron. Para la quinta muestra, el rango fue 1.21 y el promedio 48; para la muestra 6, fueron .82 y 47; para la 7, .86 y 50, y para la muestra 8, 1.11 y 49. Después de la octava muestra el promedio muestral siguió aumentando y nunca fue menor que 50. Para la muestra 9, el rango y promedio fueron 1.12 y 51; para la 10, 99 y 52; para la 11, .86 y 50, y para la 12 fueron 1.2 y 52.

Durante la instalación el proveedor estableció un promedio de 47 para el proceso y un promedio de 1.0 para el rango. LaPoint sospechaba que algo estaba francamente mal con la máquina número 5. ¿Está usted de acuerdo? (Pista: use las especificaciones del fabricante para establecer los límites de control. Las gráficas de corrida de prueba son útiles).

- 14.13

Históricamente, la tasa de defectos para la captura de datos de las reclamaciones de seguros ha sido alrededor de 1.5%. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior de la gráfica, si desea utilizar un tamaño de muestra de 100 y límites de 3-sigma?

P : 14.14 Usted busca desarrollar un sistema de monitoreo de la calidad para algunas partes que se compran de Warton & Cota Manufacturing Co. Las partes son buenas o defectuosas. Usted decidió tomar una muestra de 100 unidades. Construya una tabla de los límites de control superior e inferior de una gráfica con varios valores de la fracción defectuosa en la muestra tomada. En esta tabla los valores para p muestran un rango de 0.02 a 0.10 en incrementos de 0.02. Desarrolle los límites de control superior e inferior para 99.73% de nivel de seguridad.

| $n = 100$ | | |
|-----------|-----|-----|
| p | LCS | LCI |
| 0.02 | | |
| 0.04 | | |
| 0.06 | | |
| 0.08 | | |
| 0.10 | | |

P : 14.15 La tabla da los resultados de la inspección de las muestras de ADN tomadas durante los últimos 10 días. El tamaño de la muestra es 100.

| DÍA | DEFECTUOSAS |
|-----|-------------|
| 1 | 7 |
| 2 | 6 |
| 3 | 6 |
| 4 | 9 |
| 5 | 5 |
| 6 | 6 |
| 7 | 0 |
| 8 | 8 |
| 9 | 9 |
| 10 | 1 |

- a) Elabore una gráfica p 3-sigma con esta información.
- b) Si el número de defectos en los siguientes tres días es 12, 5 y 13 ¿El proceso está bajo control?

P : 14.16 En el pasado, la tasa de defectos de sus productos fue 1.5%. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior de la gráfica si desea usar un tamaño de muestra de 100 y $z = 3$?

P : 14.17 Regrese al problema 14.16. Si la tasa de defectos fuera de 3.5% en lugar de 1.5%, ¿cuáles serían los límites de control ($z = 3$)?

P : 14.18 Regrese a los problemas 14.16 y 14.17. La administración quiere reducir el tamaño de la muestra a 100 unidades. Si en el pasado la tasa de defectos fue 3.5%, ¿qué pasaría con los límites de control ($z = 3$)? ¿Debe llevarse a cabo esta acción? Explique su respuesta.

P : 14.19 El Hospital Central de Detroit busca mejorar su imagen proporcionando una experiencia positiva a sus pacientes y familiares. Parte del programa de “imagen” incluye comidas sabrosas que inviten a los pacientes a comer sanamente. Un cuestionario acompaña cada comida que se sirve y pregunta, entre otras cosas, si están satisfechos o insatisfechos con la comida. Los resultados de una muestra de 100 pacientes de la encuesta durante los pasados 7 días arrojaron la siguiente información:

| DÍA | NÚMERO DE PACIENTES INSATISFECHOS | TAMAÑO DE LA MUESTRA |
|-----|--------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 24 | 100 |
| 2 | 22 | 100 |
| 3 | 8 | 100 |
| 4 | 15 | 100 |
| 5 | 10 | 100 |
| 6 | 26 | 100 |
| 7 | 17 | 100 |

Elabore una gráfica p en la que se muestre el porcentaje de pacientes insatisfechos con sus comidas. Establezca los límites de control para incluir 99.73% de la variación aleatoria de satisfacción con la comida. Comente sus resultados.

P : 14.20 Chicago Supply Company fabrica clips y otros productos de oficina. Aun cuando son baratos, los clips han dado a la compañía un alto margen de utilidad. Se toman muestras de 200 artículos. A continuación se observan los resultados de las últimas 10 muestras. Establezca los límites de control superior e inferior para la gráfica de control y grafique los datos. ¿Está el proceso bajo control?

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Defectuosas | 5 | 7 | 4 | 4 | 6 | 3 | 5 | 6 | 2 | 8 |

P_x 14.21 La tienda departamental de Peter Ittig, Ittig Brothers, es la fabricante de ropa más grande de Amherst. La tienda recibe un promedio de seis devoluciones al día. Con $z = 3$, ¿considera que debe llevarse a cabo alguna acción si el número de devoluciones diarias aumenta a nueve?

P_x 14.22 Modern Art examina una muestra aleatoria de 100 mesas de comedor que salieron de la línea de ensamble de la empresa. Una cuidadosa inspección revela un total de 2 mil imperfecciones. ¿Cuáles son los límites de control superior e inferior con 99.73% para el número de imperfecciones? Si una mesa tiene 42 imperfecciones, ¿debe tomarse alguna acción especial?

P_x 14.23 La mesa directiva busca evaluar el nuevo programa de matemáticas puesto en marcha este año para los alumnos de segundo grado en cinco escuelas primarias del condado. Una muestra de las calificaciones que obtuvieron los estudiantes en el examen estandarizado de matemáticas, aplicado en cada escuela primaria, generó los siguientes datos:

| NÚMERO DE ERRORES EN EL EXAMEN | |
|--------------------------------|----|
| ESCUELA | |
| A | 52 |
| B | 27 |
| C | 35 |
| D | 44 |
| E | 55 |

Elabore una gráfica c para los errores en el examen y establezca los límites de control para contener 99.73% de la variación aleatoria en las calificaciones. ¿Qué indica la gráfica? ¿Resultó efectivo el nuevo programa de matemáticas?

P_x 14.24 Las preguntas por teléfono de 100 “clientes” de IRS se monitorean todos los días en forma aleatoria. Asimismo se registran los incidentes de información incorrecta y otras fallas (como la descortesía con los clientes). Los datos de la última semana son:

| DÍA | NÚMERO DE FALLAS |
|-----|------------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 10 |
| 3 | 23 |
| 4 | 20 |
| 5 | 15 |

Construya una gráfica c para las fallas, con una desviación estándar de 3. ¿Qué indica la gráfica de control sobre los operadores de teléfonos de IRS?

P_x 14.25 El departamento de cuentas por cobrar de Rick Wing Manufacturing ha tenido dificultades para que los clientes paguen el monto total de sus facturas. Muchos clientes se quejan de que las facturas son incorrectas y que no concuerdan con los materiales que llegan a sus plataformas de recepción. El departamento decidió implantar SPC en su proceso de facturación. Con la finalidad de establecer las gráficas de control, se tomaron 10 muestras de 50 facturas cada una durante un mes y los artículos en las facturas se revisaron contra las notas de llegada, enviadas por el departamento de embarques de la compañía, para determinar el número de facturas incorrectas. Los resultados fueron:

| NÚM. DE MUESTRA | NÚM. DE FACTURAS INCORRECTAS | NÚM. DE MUESTRA | NÚM. DE FACTURAS INCORRECTAS |
|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 6 | 6 | 5 |
| 2 | 5 | 7 | 3 |
| 3 | 11 | 8 | 4 |
| 4 | 4 | 9 | 7 |
| 5 | 0 | 10 | 2 |

- a) Determine el valor de la barra p , es decir, la media de la fracción defectuosa. Después, determine los límites de control para la gráfica p con un nivel de seguridad de 99.73% (3 desviaciones estándar). ¿Está el proceso bajo control? Si no es así, ¿qué muestras estuvieron fuera de control?
- b) ¿Cómo utilizaría las herramientas para la calidad analizadas en el capítulo 13 para determinar la fuente de los defectos de facturación y dónde iniciaría sus esfuerzos de mejora para eliminar las causas?

P_x 14.26 La diferencia entre los límites superior e inferior de la especificación para un proceso es 0.6 pulgadas. La desviación estándar es 0.1 pulgadas. ¿Cuál es la razón de capacidad, C_p , del proceso? Interprete este número.

P_x 14.27 El proceso de producción de chips para computadora de Meena Chavan Corp. genera chips DRAM con una vida promedio de 1,800 horas y un $\sigma = 100$ horas. Los límites de tolerancia superior e inferior son 2,400 horas y 1,600 horas, respectivamente. ¿Es capaz este proceso de producir chips DRAM dentro de su especificación?

- P_x** : 14.28 Blackburn, Inc., fabricante de equipo en Nashville, sometió una muestra de válvula de corte para mejorar su proceso de manufactura. El departamento de ingeniería de procesos realizó algunos experimentos y encontró que la válvula tiene una media (μ) de 8.00 y una desviación estándar (σ) de .04. Su desempeño deseado es $\mu = 8.0$ y $\sigma = .045$. ¿Cuál es el C_{pk} de la válvula Blackburn?
- P_x** : 14.29 Las especificaciones de un revestimiento plástico para los proyectos de carreteras de concreto debe tener un grosor de $3.0 \text{ mm} \pm .1 \text{ mm}$. La desviación estándar del proceso se estima en 0.02 mm. ¿Cuáles son los límites superior e inferior de la especificación para este producto? Se sabe que el proceso opera con un grosor medio de 3.0 mm. ¿Cuál es el C_{pk} para este proceso? ¿Más o menos qué porcentaje de todas las unidades reunirá las especificaciones?
- P_x** : 14.30 El administrador de una planta procesadora de alimentos desea una especificación de calidad con una media de 16 onzas, un límite superior de especificación de 16.5 y un límite inferior de especificación de 15.5. El proceso tiene una desviación estándar de 1 onza. Determine el C_{pk} de este proceso.
- P_x** : 14.31 El proceso de llenado de envases de alimento para bebé debe tener una medida de 3 onzas ± 0.150 onzas. Se muestrearon 200 botellas del proceso. Los resultados mostraron que la cantidad promedio de alimento vertido en los envases fue 3.042 onzas. La desviación estándar de dicha cantidad fue 0.034 onzas. Determine el valor de C_{pk} . En general, ¿qué proporción de los envases cumple las especificaciones?
- 14.32 En un plan de muestreo de aceptación desarrollado para lotes que contienen 1,000 unidades, el tamaño de la muestra es 80 y c es igual a 3. El porcentaje de defectos en los lotes que llegan es 3% y la probabilidad de aceptación obtenida de una curva OC es .79. ¿Cuál es el la calidad de salida promedio?
- 14.33 Un plan de muestreo de aceptación tiene lotes de 500 unidades, un tamaño de muestra de 60 y c es igual a 2. Los lotes que llegan tienen un porcentaje de defectos de 4% y la probabilidad de aceptación basada en una curva OC es .57. ¿Cuál es la CSP?
- P_x** : 14.34 West Battery Corp. ha recibido últimamente quejas de los vendedores al menudeo respecto a que las baterías de 9 voltios no duran tanto como las de otras marcas. James West, responsable del programa TQM en la planta de West en Austin, considera que no hay problema porque sus baterías han tenido un promedio de vida de 50 horas, casi 10% más que los modelos de los competidores. Aumentar la vida útil a más de 50 horas requeriría tecnología más avanzada no disponible en la planta de WEST. Sin embargo, West estableció una revisión por hora en la línea de ensamble. Decidió tomar muestras de 5 baterías de 9 voltios durante las siguientes 25 horas, con la finalidad de crear los estándares para los límites de la gráfica de control (véase la siguiente tabla):

Datos de West Battery— tiempo de vida útil de las baterías (en horas)

| HORA | MUESTRA | | | | | \bar{X} | R |
|------|---------|----|----|----|----|-----------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | 51 | 50 | 49 | 50 | 50 | 50.0 | 2 |
| 2 | 45 | 47 | 70 | 46 | 36 | 48.8 | 34 |
| 3 | 50 | 35 | 48 | 39 | 47 | 43.8 | 15 |
| 4 | 55 | 70 | 50 | 30 | 51 | 51.2 | 40 |
| 5 | 49 | 38 | 64 | 36 | 47 | 46.8 | 28 |
| 6 | 59 | 62 | 40 | 54 | 64 | 55.8 | 24 |
| 7 | 36 | 33 | 49 | 48 | 56 | 44.4 | 23 |
| 8 | 50 | 67 | 53 | 43 | 40 | 50.6 | 27 |
| 9 | 44 | 52 | 46 | 47 | 44 | 46.6 | 8 |
| 10 | 70 | 45 | 50 | 47 | 41 | 50.6 | 29 |
| 11 | 57 | 54 | 62 | 45 | 36 | 50.8 | 26 |
| 12 | 56 | 54 | 47 | 42 | 62 | 52.2 | 20 |
| 13 | 40 | 70 | 58 | 45 | 44 | 51.4 | 30 |
| 14 | 52 | 58 | 40 | 52 | 46 | 49.6 | 18 |
| 15 | 57 | 42 | 52 | 58 | 59 | 53.6 | 17 |
| 16 | 62 | 49 | 42 | 33 | 55 | 48.2 | 29 |
| 17 | 40 | 39 | 49 | 59 | 48 | 47.0 | 20 |
| 18 | 64 | 50 | 42 | 57 | 50 | 52.6 | 22 |
| 19 | 58 | 53 | 52 | 48 | 50 | 52.2 | 10 |
| 20 | 60 | 50 | 41 | 41 | 50 | 48.4 | 19 |
| 21 | 52 | 47 | 48 | 58 | 40 | 49.0 | 18 |
| 22 | 55 | 40 | 56 | 49 | 45 | 49.0 | 16 |
| 23 | 47 | 48 | 50 | 50 | 48 | 48.6 | 3 |
| 24 | 50 | 50 | 49 | 51 | 51 | 50.2 | 2 |
| 25 | 51 | 50 | 51 | 51 | 62 | 53.0 | 12 |

Una vez establecidos los límites, West tomó los datos de 5 horas más, que se dan en la tabla siguiente:

| HORA | MUESTRA | | | | |
|------|---------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 26 | 48 | 52 | 39 | 57 | 61 |
| 27 | 45 | 53 | 48 | 46 | 66 |
| 28 | 63 | 49 | 50 | 45 | 53 |
| 29 | 57 | 70 | 45 | 52 | 61 |
| 30 | 45 | 38 | 46 | 54 | 52 |

- ¿Está el proceso de manufactura bajo control?
- Comente los tiempos de vida observados.



PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: del \$6.35 al \$6.51.

CASO DE ESTUDIO

Bayfield Mud Company

En noviembre de 2002, John Wells, un representante de servicio al cliente de Bayfield Mud Company, fue enviado al almacén de Wet-Land Drilling, Inc. en Houston, para inspeccionar tres contenedores con agentes para el tratamiento de lodos que Bayfield había enviado a la empresa en Houston. (Las oficinas corporativas de Bayfield y su planta más grande se encuentran en Orange, Texas, justo al oeste de la frontera entre Louisiana y Texas). La queja de Wet-Land era que el peso de los costales de 50 libras de agentes de tratamiento recién recibidos de Bayfield tenía un déficit aproximado de 5%.

Los costales con menos peso fueron detectados inicialmente por uno de los encargados de recepción de Wet-Land, quien notó que los recibos de la báscula del ferrocarril de los tres contenedores indicaban pesos netos significativamente menores que los de otro embarque idéntico recibido el 25 de octubre de 2002. Llamó al departamento de tráfico de Bayfield para indagar si se habían usado tarimas más ligeras en estos embarques. (Eso podría explicar pesos netos más bajos.) Pero Bayfield indicó que no se habían hecho cambios en los procedimientos de maniobra o carga, por lo cual los ingenieros de Wet-Land revisaron 50 costales al azar y descubrieron que el peso neto promedio era 47.51 libras. Observaron que ese mismo procedimiento en los embarques anteriores había dado como resultado un peso neto promedio de los costales exactamente de 50 libras, con una desviación estándar aceptable de 1.2 libras. En consecuencia, concluyeron que la muestra indicaba una falta de peso significativa. (Es posible que el lector desee verificar dicha conclusión). Después se comunicaron con Bayfield, y Wells fue enviado a investigar la reclamación. Una vez en las instalaciones, Wells verificó la queja y emitió un crédito de 5% a Wet-Land.

La administración de Wet-Land, sin embargo, no quedó satisfecha por completo con la emisión del crédito. Las gráficas que seguían sus ingenieros de lodos en las plataformas de perforación tenían como base costales de 50 libras de agentes de tratamiento. Costales con menor peso podrían dar como resultado un control deficiente de los químicos durante la perforación y, por ende, afectar negativamente la eficiencia de la operación. (Los agentes para el tratamiento de lodos se emplean para controlar el pH y otras propiedades químicas del cono durante la operación de perforado). Este defecto podría tener consecuencias económicas graves debido al costo tan alto de la perforación de pozos de petróleo y gas natural. Entonces, sería necesario

que la entrega de estos embarques en las plataformas de perforación se acompañara con instrucciones especiales de uso. Asimismo, los embarques con menos peso deberían permanecer aislados en una bodega de Wet-Land, causando un manejo adicional y una mala utilización de su espacio. Por lo tanto, comunicaron a Wells que Wet-Land que buscarían un nuevo proveedor de agentes de tratamiento de lodos, si en el futuro recibía costales que se apartaran de las 50 libras de manera significativa.

El departamento de calidad de Bayfield sospechó que los costales con menos peso podían haber surgido por los “crecientes dolores de cabeza” en la planta de Orange. Después de la última crisis de energía, las actividades de exploración de petróleo y gas aumentaron en forma considerable. A su vez, este aumento en la actividad creó una mayor demanda de los productos fabricados por las industrias relacionadas, incluida la de lodos para perforación. Así, Bayfield tuvo que ampliar sus operaciones de un turno (6:00 A.M. a 2:00 P.M.) a dos (2:00 P.M. a 10: P.M.) a mediados de 2000 y, finalmente, a tres turnos (24 horas al día) en el otoño de 2002.

El personal de llenado de sacos del turno nocturno estaba compuesto en su totalidad por trabajadores nuevos. Los encargados con más experiencia fueron asignados temporalmente a supervisar a los empleados del último turno. La atención se había centrado en aumentar el número de sacos llenos para satisfacer la creciente demanda. Se sospechaba que se habían enviado apenas unos cuantos recordatorios para verificar en ocasiones el mecanismo de peso del alimentador. (La revisión se hace al pesar sistemáticamente un costal en una báscula para determinar si el alimentador está soltando el peso apropiado de material en los sacos. Si hay una desviación significativa de las 50 libras, se realizan los ajustes correctivos necesarios en el mecanismo del alimentador).

Para verificar esta expectativa, el personal de control de calidad muestrea en forma aleatoria los sacos y prepara la gráfica que se presenta en la siguiente página. Cada hora se muestrean y se pesan seis costales.

Preguntas para analizar

- ¿Cuál es su análisis del problema del peso en los costales?
- ¿Qué procedimientos recomendaría para mantener un control de la calidad adecuado?

Fuente: Profesor Jerry Kinard, Western Carolina University.

| HORA | PESO PROMEDIO (LIBRAS) | RANGO | | HORA | PESO PROMEDIO (LIBRAS) | RANGO | |
|----------------|------------------------------|-------|-------|----------------|------------------------------|-------|-------|
| | | MENOR | MAYOR | | | MENOR | MAYOR |
| 6:00 A.M. | 49.6 | 48.7 | 50.7 | 6:00 | 46.8 | 41.0 | 51.2 |
| 7:00 | 50.2 | 49.1 | 51.2 | 7:00 | 50.0 | 46.2 | 51.7 |
| 8:00 | 50.6 | 49.6 | 51.4 | 8:00 | 47.4 | 44.0 | 48.7 |
| 9:00 | 50.8 | 50.2 | 51.8 | 9:00 | 47.0 | 44.2 | 48.9 |
| 10:00 | 49.9 | 49.2 | 52.3 | 10:00 | 47.2 | 46.6 | 50.2 |
| 11:00 | 50.3 | 48.6 | 51.7 | 11:00 | 48.6 | 47.0 | 50.0 |
| 12 Medio día | 48.6 | 46.2 | 50.4 | 12 Media noche | 49.8 | 48.2 | 50.4 |
| 1:00 P.M. | 49.0 | 46.4 | 50.0 | 1:00 A.M. | 49.6 | 48.4 | 51.7 |
| 2:00 | 49.0 | 46.0 | 50.6 | 2:00 | 50.0 | 49.0 | 52.2 |
| 3:00 | 49.8 | 48.2 | 50.8 | 3:00 | 50.0 | 49.2 | 50.0 |
| 4:00 | 50.3 | 49.2 | 52.7 | 4:00 | 47.2 | 46.3 | 50.5 |
| 5:00 | 51.4 | 50.0 | 55.3 | 5:00 | 47.0 | 44.1 | 49.7 |
| 6:00 | 51.6 | 49.2 | 54.7 | 6:00 | 48.4 | 45.0 | 49.0 |
| 7:00 | 51.8 | 50.0 | 55.6 | 7:00 | 48.8 | 44.8 | 49.7 |
| 8:00 | 51.0 | 48.6 | 53.2 | 8:00 | 49.6 | 48.0 | 51.8 |
| 9:00 | 50.5 | 49.4 | 52.4 | 9:00 | 50.0 | 48.1 | 52.7 |
| 10:00 | 49.2 | 46.1 | 50.7 | 10:00 | 51.0 | 48.1 | 55.2 |
| 11:00 | 49.0 | 46.3 | 50.8 | 11:00 | 50.4 | 49.5 | 54.1 |
| 12 Media noche | 48.4 | 45.4 | 50.2 | 12 Medio día | 50.0 | 48.7 | 50.9 |
| 1:00 A.M. | 47.6 | 44.3 | 49.7 | 1:00 P.M. | 48.9 | 47.6 | 51.2 |
| 2:00 | 47.4 | 44.1 | 49.6 | 2:00 | 49.8 | 48.4 | 51.0 |
| 3:00 | 48.2 | 45.2 | 49.0 | 3:00 | 49.8 | 48.8 | 50.8 |
| 4:00 | 48.0 | 45.5 | 49.1 | 4:00 | 50.0 | 49.1 | 50.6 |
| 5:00 | 48.4 | 47.1 | 49.6 | 5:00 | 47.8 | 45.2 | 51.2 |
| 6:00 | 48.6 | 47.4 | 52.0 | 6:00 | 46.4 | 44.0 | 49.7 |
| 7:00 | 50.0 | 49.2 | 52.2 | 7:00 | 46.4 | 44.4 | 50.0 |
| 8:00 | 49.8 | 49.0 | 52.4 | 8:00 | 47.2 | 46.6 | 48.9 |
| 9:00 | 50.3 | 49.4 | 51.7 | 9:00 | 48.4 | 47.2 | 49.5 |
| 10:00 | 50.2 | 49.6 | 51.8 | 10:00 | 49.2 | 48.1 | 50.7 |
| 11:00 | 50.0 | 49.0 | 52.3 | 11:00 | 48.4 | 47.0 | 50.8 |
| 12 Medio día | 50.0 | 48.8 | 52.4 | 12 Media noche | 47.2 | 46.4 | 49.2 |
| 1:00 P.M. | 50.1 | 49.4 | 53.6 | 1:00 A.M. | 47.4 | 46.8 | 49.0 |
| 2:00 | 49.7 | 48.6 | 51.0 | 2:00 | 48.8 | 47.2 | 51.4 |
| 3:00 | 48.4 | 47.2 | 51.7 | 3:00 | 49.6 | 49.0 | 50.6 |
| 4:00 | 47.2 | 45.3 | 50.9 | 4:00 | 51.0 | 50.5 | 51.5 |
| 5:00 | 46.8 | 44.1 | 49.0 | 5:00 | 50.5 | 50.0 | 51.9 |

CASO DE ESTUDIO

Puntualidad en Alabama Airlines

Alabama Airlines se inauguró en diciembre de 2001 como servicio de transporte, con oficinas centrales y única casa localizadas en Birmingham. Producto de la desregulación, Alabama Air se unió al creciente número de aerolíneas de vuelos cortos, punto a punto, que incluyen Lone Star, Comair, Atlantic Southeast y Skywest.

Dos ex pilotos, David Douglas (quien había trabajado con la desaparecida Midway Airlines) y Michael Hanna (antes con Continental), fundaron y administraron Alabama Air. La compañía adquirió una flota de 12 jets así como las instalaciones aeroportuarias que dejó Delta Airlines

en 2001 cuando recortó sus vuelos debido a los ataques terroristas del 11 de septiembre.

Una de las principales prioridades de Alabama Air son las llegadas a tiempo. Para la aerolínea, llegar “a tiempo” significa arribar dentro de los 20 minutos anteriores o posteriores a la hora programada.

Mike Hanna decidió supervisar personalmente el desempeño de Alabama Air. Cada semana durante 30 semanas, dio seguimiento al desempeño de la puntualidad a través de una muestra aleatoria de 100 llegadas de vuelos. La tabla que sigue contiene el número de vuelos que no cumplió con la definición de puntualidad de Alabama:

| MUESTRA (SEMANA) | VUELOS RETRASADOS | MUESTRA (SEMANA) | VUELOS RETRASADOS |
|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 16 | 2 |
| 2 | 4 | 17 | 3 |
| 3 | 10 | 18 | 7 |
| 4 | 4 | 19 | 3 |
| 5 | 1 | 20 | 2 |
| 6 | 1 | 21 | 3 |
| 7 | 13 | 22 | 7 |
| 8 | 9 | 23 | 4 |
| 9 | 11 | 24 | 3 |
| 10 | 0 | 25 | 2 |
| 11 | 3 | 26 | 2 |
| 12 | 4 | 27 | 0 |
| 13 | 2 | 28 | 1 |
| 14 | 2 | 29 | 3 |
| 15 | 8 | 30 | 4 |

Preguntas para analizar

1. Con 95% de nivel de confianza, grafique el porcentaje global de vuelos retrasados (p) y los límites de control superior e inferior en una gráfica de control.
2. Suponga que los límites de control superior e inferior de la industria de las aerolíneas para los vuelos retrasados son .1000 y .0400, respectivamente. Dibújelos en la gráfica de control.
3. Marque el porcentaje de vuelos retrasados en cada muestra. ¿Todas las muestras caen dentro de los límites de control de Alabama Airlines? ¿Qué debe hacerse cuando alguno cae fuera de los límites de control?
4. ¿Qué reporta Mike Hanna sobre la calidad en el servicio?

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: Visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para ver estos casos de estudio gratuitos:

- **Green River Chemical Company:** Una compañía necesita establecer una gráfica de control para monitorear el contenido de sulfato debido a las reclamaciones de los clientes.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para acompañar este suplemento (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **Deutsche Allgemeineversicherung (# 696-084):** Una compañía de seguros alemana intenta utilizar las gráficas p en la variedad de servicios que presta.
- **Process Control at Polaroid (A)(# 699-047):** Esta planta de producción de películas cambia de la inspección OC tradicional a las gráficas de SPC basadas en el trabajador.

BIBLIOGRAFÍA

- Goetsch, David L. y Stanley B. Davis. *Quality Management*, 3a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Griffith, Gary K. *The Quality Technician's Handbook*, 4a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Gyrna, Frank, Jr. *Quality Planning and Analysis*. Nueva York: McGraw-Hill, 2001.
- Krishnan, M.S., C.H. Kriebel, Sunder Kerke y Tridas Mukhopadhyay. "An Empirical Analysis of Productivity and Quality in Software Products". *Management Science* 46, núm. 6 (junio de 2000): 745-759.
- Montgomery, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*, 4a. ed. Nueva York: John Wiley, 2001.
- Ott Ellis, Edward G. Schilling y Dean Nebauer. *Process Quality Control*. Nueva York: McGraw-Hill, 2000.
- Summers, Donna. *Quality*, 2a. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Vaughan, Timothy S. "Defect Rate Estimation for 'Six Sigma' Processes". *Production and Inventory Management Journal* (cuarto trimestre de 1998): 5-9.
- Wheeler, Donald J. "Why Three Sigma limits?" *Quality Digest* (agosto de 1996): 63-64.



RECURSOS DE INTERNET

American Society for Quality:

<http://www.asq.org>

American Statistical Association

<http://www.amstat.org/>

Associated Quality Consultants

<http://www.quality.org/>

Carnegie Mellon University: Con apoyo del Statistics Department, con vínculos excelentes de resúmenes de la American Statistical Association y algoritmos estadísticos:

<http://lib.stat.emu.edu/>

Ejemplos de Poka-yoke, tutoriales y página de vínculos:

<http://www.cox.smu.edu/jgrout/pokayoke.html>

Princeton University: abundantes vínculos con sitios de interés:

<http://www.princeton.edu/~cap/contrib.html>

Statistical Engineering Division of the Department of Commerce:

<http://www.itl.nist.gov/div898/>

Statistical Service en Duke University:

<http://www.isds.duke.edu/>

Ingeniería de la calidad total:

<http://www.tqe.com/>

Mantenimiento y confiabilidad

Descripción del capítulo

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA: MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD SON LOS FACTORES CRÍTICOS PARA EL ÉXITO DE LOS TRANSBORDADORES ESPACIALES DE LA NASA

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO Y LA CONFIABILIDAD CONFIABILIDAD

- Mejora de componentes individuales
- Asignación de redundancia

MANTENIMIENTO

- Implantación del mantenimiento preventivo
- Incremento de las capacidades de reparación

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TÉCNICAS PARA ESTABLECER POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

RESUMEN

TÉRMINOS CLAVE

USO DE POM PARA WINDOWS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE CONFIABILIDAD
PROBLEMAS RESUELTOS
EJERCICIOS EN INTERNET Y EL CD-ROM DEL ESTUDIANTE
PREGUNTAS PARA ANÁLISIS
EJERCICIO DE PENSAMIENTO CRÍTICO
EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO
PROBLEMAS
PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET
CASO DE ESTUDIO: WORLDWIDE CHEMICAL COMPANY
CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES
BIBLIOGRAFÍA
RECURSOS DE INTERNET

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al terminar de estudiar este capítulo usted será capaz de:

IDENTIFICAR O DEFINIR:

- Mantenimiento
- Tiempo medio entre fallas
- Redundancia
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento por fallas
- Mortalidad infantil

DESCRIBIR O EXPLICAR:

- Cómo medir la confiabilidad del sistema
- Cómo mejorar el mantenimiento
- Cómo evaluar el desempeño del mantenimiento

PERFIL GLOBAL DE LA COMPAÑÍA:

Mantenimiento y confiabilidad son los factores críticos para el éxito de los transbordadores espaciales de la NASA

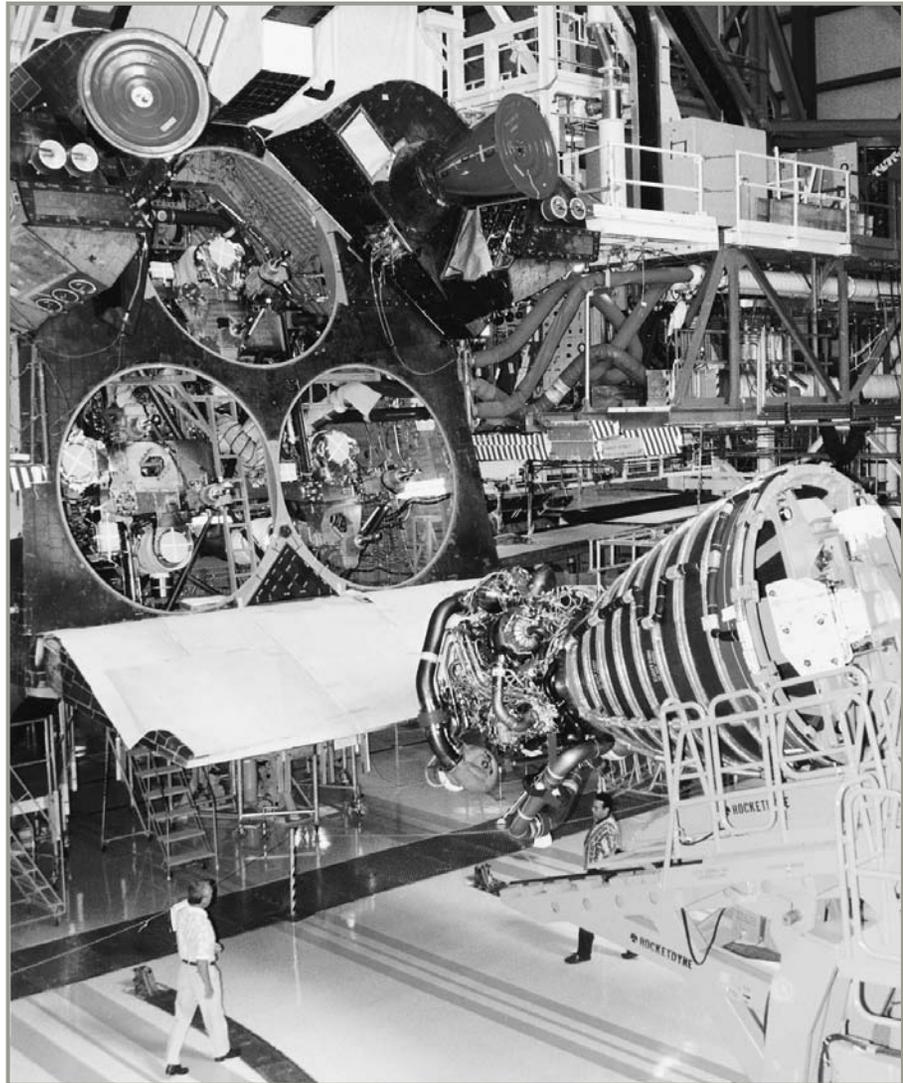


El transbordador espacial Atlantis se transporta de su hangar a la plataforma de lanzamiento.

Desde varias millas de distancia, el transbordador espacial luce blanco y reluciente en la plataforma de lanzamiento. Sin embargo, de cerca, en el hangar donde los tres transbordadores de la NASA, Endeavor, Atlantis y Discovery, pasan la mayor parte de sus vidas, un transbordador puede mostrar sus verdaderos colores: verde mohoso; café quemado; gris deslucido; negro hollín.

En uno de los hangares del Centro Espacial Kennedy, Atlantis descansa con sus entrañas dispersas. Sus tres motores (cada uno del tamaño de un Volkswagen) se encuentran en otro taller para recibir mantenimiento. Tiene un enorme boquete en su nariz porque los jets frontales están en el piso. Con millones de millas en su odómetro, Atlantis es como un auto usado. Sin embargo, la NASA no tiene planes para retirar estos caballos de batalla de muchos millones de dólares. Se espera que el Atlantis haga otra docena de viajes como laboratorio de ciencia global, con su área de carga rentada a docenas de naciones para experimentos científicos y lanzamiento de satélites.

Un plan de este tipo requiere una confiabilidad de clase mundial. También requiere mantenimiento. Sin duda, significa unos 600 trabajos de mantenimiento



El motor principal del Atlantis se instala en la planta de Procesamiento del Orbitador.

generados por computadora, cada uno con cientos de tareas, durante el intervalo de tres meses entre vuelos. Hay plataformas que instalar, inspecciones de motores, revisión de las turbo-bombas, recolocación de mosaicos, revisión del drenaje de aceites lubricantes, la remoción y reinstalación de paracaídas de arrastre. Más de 100 hombres y mujeres trabajan atrás del escenario para

mantener la antigua y gran reputación de confiabilidad del Atlantis. Todos recordamos la explosión del Challenger en enero de 1986 y el desastre del Columbia en febrero de 2003. A pesar de las trágicas pérdidas, el administrador del programa de transbordadores, Ron Dittermore, aún considera que "los vehículos se mantienen en condiciones inmaculadas".



Inspección de un túnel que conduce al compartimiento de carga.

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL MANTENIMIENTO Y LA CONFIABILIDAD

Los administradores de la NASA deben evitar los resultados indeseables de la falla de un transbordador. El resultado de un fracaso llega a ser perjudicial, inconveniente, un desperdicio y muy costoso en términos de dinero y vidas humanas. La falla de máquinas y productos puede tener efectos de largo alcance en la operación, reputación y rentabilidad de la organización. En las plantas complejas y altamente mecanizadas un proceso fuera de tolerancia o la falla de una máquina significaría la inactividad de empleados e instalaciones, la pérdida de clientes y de su lealtad, así como ganancias que se transformen en pérdidas. En una oficina, la falla de un generador, un sistema de aire acondicionado o una computadora pueden detener las operaciones. Un mantenimiento adecuado y una estrategia de confiabilidad protegen tanto el funcionamiento como la inversión de la empresa.

El objetivo del mantenimiento y la confiabilidad es mantener la capacidad del sistema al mismo tiempo que controlar los costos. Un buen sistema de mantenimiento evita la variabilidad del sistema. Los sistemas deben diseñarse y mantenerse para lograr el desempeño y los estándares de calidad esperados. El **mantenimiento** incluye todas las actividades involucradas en conservar el equipo de un sistema trabajando. **Confiabilidad** es la probabilidad de que un producto o las partes de una máquina funcionen correctamente durante el tiempo especificado y en las condiciones establecidas.

Dos empresas que reconocen la importancia estratégica del mantenimiento especializado son Walt Disney Company y United Parcel Service. Disney World, en Florida, es intolerante con las fallas o descomposturas. La reputación de Disney no sólo lo hace uno de los destinos vacacionales más populares del mundo, sino también una meca para los equipos de *benchmarking* que quieren estudiar sus prácticas de mantenimiento y confiabilidad.

De igual forma, la famosa estrategia de mantenimiento de UPS mantiene sus vehículos de reparto funcionando y viéndose como nuevos por 20 años o más. El programa de UPS incluye conductores dedicados que manejan todos los días el mismo camión y mecánicos esforzados que dan mantenimiento al mismo grupo de vehículos. Conductores y mecánicos son ambos responsables del funcionamiento de los vehículos y tienen una comunicación estrecha.

La interdependencia entre operario, máquina y mecánico es un sello distintivo de mantenimiento y confiabilidad exitosos. Como se ilustra en la figura 15.1, no son sólo los procesos para el buen mantenimiento y la confiabilidad los que marcan el éxito de Disney y UPS, sino también la participación de sus empleados.

En este capítulo examinamos cuatro tácticas importantes para mejorar el mantenimiento y la confiabilidad tanto de los equipos y productos como de los sistemas que los producen. Las cuatro tácticas están organizadas en torno al mantenimiento y la confiabilidad.

Las tácticas de confiabilidad son

1. Mejorar los componentes individuales.
2. Proporcionar redundancia.

Las tácticas de mantenimiento son

1. Implantar o mejorar el mantenimiento preventivo.
2. Incrementar las capacidades o la velocidad de reparación.

Mantenimiento

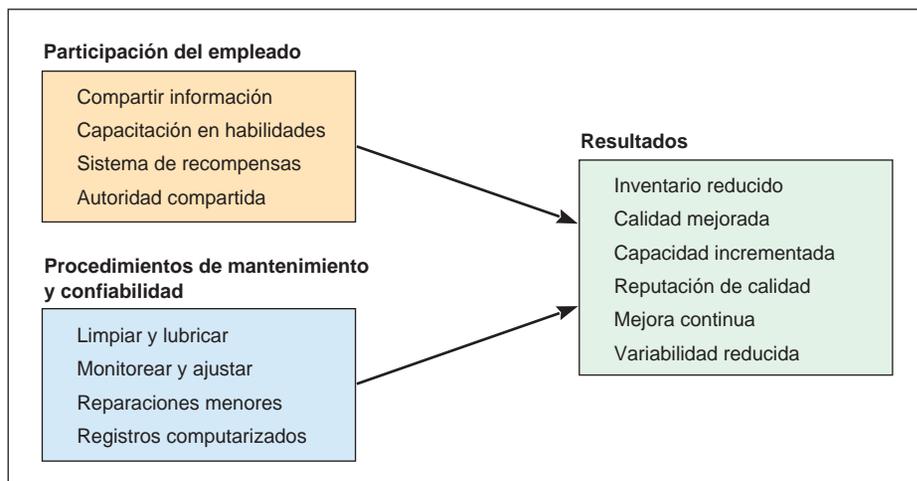
Todas las actividades involucradas en conservar el equipo de un sistema en buen estado.

Confiabilidad

La probabilidad de que un producto o las partes de una máquina funcionen correctamente durante un tiempo específico y en las condiciones establecidas.

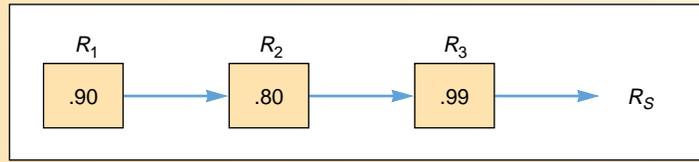
FIGURA 15.1 ■

El buen mantenimiento y la estrategia de confiabilidad requieren la participación del empleado y buenos procedimientos



Ejemplo 1

El National Bank de Greeley, Colorado, procesa las solicitudes mediante tres empleados colocados en serie:



Si los empleados tienen confiabilidades de .90, .80, .99, entonces la confiabilidad del proceso es

$$R_s = R_1 \times R_2 \times R_3 = (.90)(.80)(.99) = .713 \text{ o } 71.3\%$$

Con frecuencia la confiabilidad de los componentes es cuestión de diseño del cual quizá sea responsable el personal de diseño de ingeniería. Sin embargo, el personal de la cadena de suministro es capaz de mejorar los componentes del sistema si se mantiene al tanto de los productos y esfuerzos de investigación que realizan los proveedores. El personal de la cadena de suministro también puede contribuir directamente en la evaluación del desempeño del proveedor.

La unidad básica para medir la confiabilidad es la *tasa de falla del producto* (TF). Las empresas que producen equipo de alta tecnología suelen proporcionar datos de la tasa de falla de sus productos. Como se muestra en las ecuaciones (15-2) y (15-3), la tasa de falla mide el porcentaje de fallas entre el número total de productos probados, TF(%), o el número de fallas durante un periodo, TF(N):

$$TF(\%) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100\% \tag{15-2}$$

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de horas-unidad de tiempo de operación}} \tag{15-3}$$

Tiempo medio entre fallas (TMEF)

El tiempo esperado entre una reparación y la siguiente falla o descompostura de un componente, máquina, proceso o producto.

Quizá el término más común para el análisis de confiabilidad es el **tiempo medio entre fallas (TMEF)**, que es el recíproco de TF(N):

$$TMEF = \frac{1}{TF(N)} \tag{15-4}$$

En el ejemplo 2 calculamos el porcentaje de fallas TF(%), el número de fallas TF(N) y el tiempo medio entre fallas (TMEF).

Ejemplo 2

Veinte sistemas de aire acondicionado diseñados para uso de los astronautas en los transbordadores espaciales de la NASA, fueron operados durante 1,000 horas en el laboratorio de pruebas de la NASA en Huntsville, Alabama. Dos de los sistemas fallaron, uno después de 200 horas y el otro después de 600 horas. Para calcular el porcentaje de fallas, se usa la siguiente ecuación:

$$TF(\%) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} = \frac{2}{20} (100\%) = 10\%$$

Luego calculamos el número de fallas por hora de operación:

$$TF(N) = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}}$$

donde

$$\begin{aligned} \text{Tiempo total} &= (1,000 \text{ h})(20 \text{ unidades}) \\ &= 20,000 \text{ unidades-h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo sin operar} &= 800 \text{ h para la falla 1} + 400 \text{ h para la falla 2} \\ &= 1,200 \text{ unidades-h} \end{aligned}$$

$$\text{Tiempo de operación} = \text{tiempo total} - \text{tiempo sin operar}$$

$$\begin{aligned} TF(N) &= \frac{2}{20,000 - 1,200} = \frac{2}{18,800} \\ &= .000106 \text{ fallas/unidades-h} \end{aligned}$$

$$\text{y como } TMEF = \frac{1}{TF(N)}$$

$$TMEF = \frac{1}{.000106} = 9,434 \text{ h}$$

Si un viaje típico del transbordador espacial dura 60 días, la NASA puede estar interesada en la tasa de fallas por viaje:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de fallas} &= (\text{fallas/unidad-h})(24\text{h/día})(60 \text{ días/viaje}) \\ &= (.000106)(24)(60) \\ &= .152 \text{ fallas/viaje} \end{aligned}$$

Debido a que la tasa de fallas registrada en el ejemplo 2 es quizá demasiado alta, la NASA tendrá que aumentar la confiabilidad de los componentes individuales y, por tanto, del sistema, o bien instalar varias unidades de aire acondicionado de respaldo en cada transbordador espacial. Las unidades de respaldo proporcionan redundancia.

Asignación de redundancia

Para aumentar la confiabilidad del sistema se agrega **redundancia**. La técnica aquí es “respaldar” los componentes con componentes adicionales. Lo anterior se conoce como poner unidades en paralelo y es una táctica estándar en administración de operaciones como se señala en el recuadro *AO en acción*, “los pilotos del Tomcat F-14 aman la redundancia”. La redundancia se proporciona para asegurar que si un componente falla, el sistema pueda recurrir a otro. Por ejemplo, digamos que la confiabilidad de un componente es 0.80 y la respaldamos con otro componente de confiabilidad 0.80. La confiabilidad que se obtiene es la probabilidad del primer componente trabajando más la probabilidad del componente de respaldo (o en paralelo) trabajando multiplicada por la necesidad de usar el componente de respaldo ($1 - .8 = .2$). Por lo tanto,

$$\left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad} \\ \text{del componen-} \\ \text{te trabajando} \end{array} \right) + \left[\left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad} \\ \text{del segundo} \\ \text{componente} \\ \text{trabajando} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Probabilidad} \\ \text{de necesitar} \\ \text{el segundo} \\ \text{componente} \end{array} \right) \right] =$$

$$(.8) + [(.8) \times (1 - .8)] = .8 + .16 = .96$$

AO EN ACCIÓN

Los pilotos del Tomcat F-14 aman la redundancia

En un mundo que acepta software con bichos y sistemas que se colapsan, vale la pena recordar que algunos sistemas de computadora operan sin fallas. ¿Dónde están esos sistemas? Están en los aviones de combate, los transbordadores espaciales, las plantas nucleares y los sistemas de control de inundaciones. Estos sistemas son extraordinariamente confiables, aun cuando dependen fuertemente del software. Estos sistemas tienen como base la redundancia —tienen su propio software y sus propios procesadores— y usan la mayor parte de sus ciclos para realizar verificaciones internas de la calidad.

La geometría variable del ala del Tomcat F-14 hace posible que vuele a gran velocidad y desacelere con rapidez

cuando aterriza en un portaviones. Los cálculos para determinar correctamente la posición de las alas conforme cambia la velocidad del aire se realizan mediante un software y procesadores específicos para ello. Los procesadores trabajan en conjunto de manera que múltiples cálculos verifican las señales de salida.

Sólo 10% del software del F-14 se usa para volar el avión; 40% se usa para hacer pruebas y verificaciones automáticas; el 50% restante es redundancia. Los sistemas altamente confiables funcionan correctamente porque sus diseños incluyen autorevisiones y redundancia. Estos sistemas redundantes encuentran problemas potenciales y los corrigen antes de que se presente una falla. Por ello, si usted es un piloto de un Tomcat F-14, ama la redundancia.

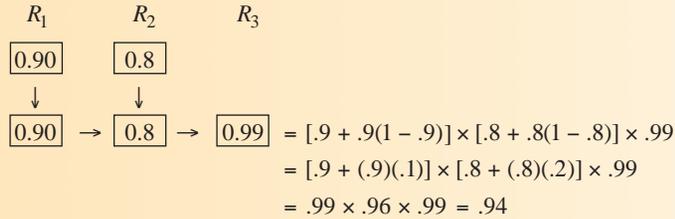
Fuente: *information.com* (1 de abril de 2002): 34.

Redundancia
Uso de componentes en paralelo para elevar la confiabilidad.

El ejemplo 3 muestra la forma en que la redundancia mejora la confiabilidad en el proceso de los préstamos presentado en el ejemplo 1.

Ejemplo 3

El National Bank está preocupado porque su procesamiento de solicitudes de préstamos tiene una confiabilidad de sólo .713 (véase el ejemplo 1). Por lo tanto, el banco decide proporcionar redundancia para los dos empleados menos confiables. El resultado de este procedimiento en el sistema se muestra a continuación:



Al proporcionar redundancia para dos empleados, el National Bank ha incrementado la confiabilidad de procesamiento de los préstamos de 0.713 a 0.94.

MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

Un plan que involucra una rutina de inspección y servicio, así como de mantenimiento de las instalaciones en buen estado para prevenir fallas.

Mantenimiento por fallas

Mantenimiento para corregir, que ocurre cuando el equipo falla y debe repararse de emergencia o de manera prioritaria.

Mortalidad infantil

La tasa de falla temprana en la vida de un producto o proceso.

Existen dos tipos de mantenimiento: mantenimiento preventivo y mantenimiento por fallas. El **mantenimiento preventivo** implica realizar inspecciones y servicio rutinarios, así como mantener las instalaciones en buen estado. Estas actividades buscan construir un sistema que permita localizar las fallas posibles y realizar los cambios o reparaciones para prevenirlas. El mantenimiento preventivo es mucho más que mantener las máquinas y el equipo funcionando. También incluye el diseño de sistemas humanos y técnicos para mantener el proceso productivo trabajando dentro de las tolerancias; permite que el sistema funcione bien. El punto central del mantenimiento preventivo es entender el proceso y mantenerlo trabajando sin interrupción. El **mantenimiento por fallas** ocurre cuando el equipo se descompone y debe repararse con base en una emergencia o prioridad.

Implantación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo implica que es posible determinar cuándo un sistema requiere servicio o necesitará reparación. Por lo tanto, para realizar el mantenimiento preventivo, es necesario conocer cuándo un sistema requiere servicio o cuándo es probable que falle. Las fallas ocurren con diferentes tasas durante la vida de un producto. Una tasa de falla inicial alta, conocida como **mortalidad infantil**, puede existir para muchos productos.¹ Por esto muchas empresas de electrónica “quemán” sus productos antes de sacarlos al mercado; es decir, ejecutan una serie de pruebas (como un ciclo total de lavado en Maytag) para detectar problemas de “arranque” antes de su embarque. También dan garantías de 90 días. Cabe señalar que muchas fallas de mortalidad infantil no son fallas del producto en sí, sino fallas que se deben al uso inadecuado del producto. Este hecho destaca aún más la importancia de que la administración de operaciones construya un sistema de servicio después de la venta que incluya instalación y capacitación.

Una vez que el producto, máquina o proceso se “asienta”, es posible realizar un estudio de la distribución del TMEF (tiempo medio entre fallas). Estas distribuciones suelen seguir una curva normal. Cuando las distribuciones exhiben desviaciones estándar pequeñas, se sabe que se tiene un candidato para el mantenimiento preventivo, aun cuando el mantenimiento sea costoso.²

Una vez que la empresa ha elegido un candidato para el mantenimiento preventivo, es necesario determinar *cuándo* es económico ese mantenimiento preventivo. En general, cuanto más caro sea el mantenimiento, más estrecha deberá ser la distribución del TMEF (es decir, debe tener una desviación estándar pequeña). Además, si la reparación del proceso cuando se descompone no es más costosa que su mantenimiento preventivo, quizá convenga dejar que el proceso falle para repararlo. Sin embargo, deben analizarse con cuidado las consecuencias de las fallas. Aun fallas menores llegan a tener consecuencias catastróficas. Por el contrario, los costos del mantenimiento preventivo pueden ser tan incidentales que sea apropiado aun si la distribución del TMEF es relativamente plana (es decir, si

¹Las fallas de mortalidad infantil suelen seguir una distribución exponencial negativa.

²Véase, por ejemplo, el trabajo de P. M. Morse, *Queues, Inventories and Maintenance* (Nueva York: John Wiley, 1958): 161-168; y J. Michael Brock, John R. Michael y David Morganstein, “Using Statistical Thinking to Solve Maintenance Problems”, *Quality Progress* (mayo de 1989): 55-60.

El mantenimiento preventivo es crítico para Orlando Utilities Commission (OUC), una planta de suministro eléctrico en la zona centro de Florida. Su termoeléctrica de carbón requiere que el personal de mantenimiento realice unas 12 mil reparaciones y tareas de mantenimiento preventivo al año. Éstas se programan a diario mediante un programa computarizado de mantenimiento preventivo. Una suspensión forzosa puede costarle a OUC entre 250,000 y 500,000 dólares por día. El valor del mantenimiento preventivo se hizo evidente en la primera reparación general de un nuevo generador, la cual reveló que el aspa cuarteada de un rotor pudo haber destruido un equipo de 27 millones de dólares.



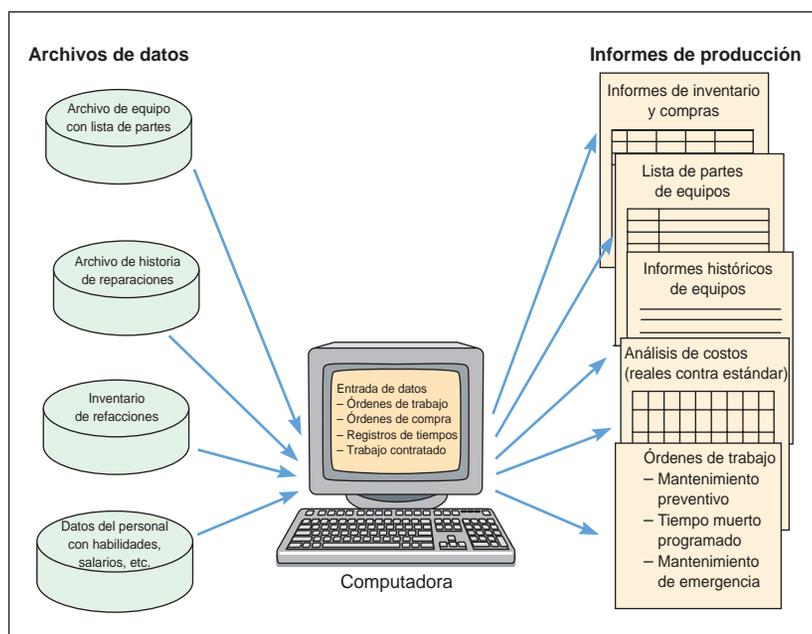
tienen una desviación estándar grande). En todo caso y siendo congruentes con las prácticas de enriquecimiento del trabajo, los operarios de las máquinas deben ser responsables del mantenimiento preventivo de su propio equipo y herramientas.

Con buenas técnicas de informes, las empresas mantienen registros de procesos, maquinaria o equipos individuales. Estos registros pueden proporcionar un perfil de los dos tipos de mantenimiento que se hayan requerido y los tiempos para el mantenimiento necesario. Conservar el historial del equipo es una parte importante de un sistema de mantenimiento preventivo, como lo es el registro del tiempo y el costo de hacer las reparaciones. Estos registros también aportan información similar acerca de equipos de la misma familia, así como de los proveedores.

Es tan importante llevar y mantener los registros que la mayoría de los buenos sistemas de mantenimiento en la actualidad son computarizados. La figura 15.3 muestra los componentes principales de este tipo de sistemas donde los archivos que deben mantenerse están a la izquierda y los reportes generados a la derecha.

FIGURA 15.3 ■

Un sistema de mantenimiento computarizado



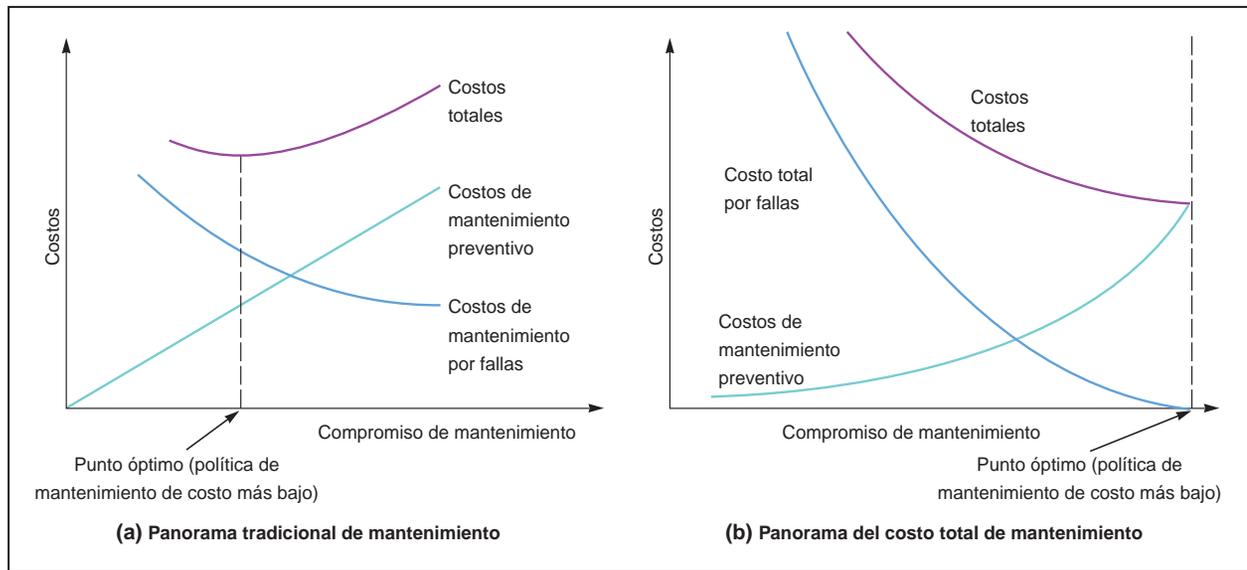


FIGURA 15.4 ■ Costos de mantenimiento

La figura 15.4a muestra el panorama tradicional de la relación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento por fallas. Con este punto de vista, el administrador de operaciones considera un *balance* entre ambos costos. Por un lado, la asignación de más recursos al mantenimiento preventivo reducirá el número de fallas. Sin embargo, en algún punto, la disminución del costo del mantenimiento por fallas puede ser menor que el aumento en el costo del mantenimiento preventivo. En este punto, la curva del costo total comienza a elevarse. Más allá de este punto, la empresa estará mejor si espera a que ocurran las fallas y las repara.

Desafortunadamente, la curva de costos como la de la figura 15.4a rara vez considera *el costo completo de una falla*. Muchos costos se ignoran porque no se relacionan *directamente* con la descompostura inmediata. Por ejemplo, el costo de mantener artículos en inventario para compensar el tiempo muerto por lo general no se considera. Más aún, el tiempo muerto puede tener un efecto devastador en el ánimo de los empleados, quienes empezarán a creer que no es importante el desempeño estándar ni el mantenimiento del equipo. Por último, el tiempo muerto también afecta en forma negativa el programa de entregas, lo cual deteriora las relaciones con los clientes y amenaza negativamente ventas futuras. Cuando se considera el impacto completo de las descomposturas, el esquema en la figura 15.4b puede ser una mejor representación del costo de mantenimiento. En la figura 15.4b, los costos totales están en el mínimo cuando el sistema no falla.

Suponiendo que se han identificado todos los costos potenciales asociados con el tiempo muerto, el personal de operaciones debe calcular el nivel óptimo de mantenimiento según la teoría. Por supuesto, tal análisis requiere también datos históricos precisos sobre los costos de mantenimiento, las probabilidades de descomposturas y los tiempos de reparación. El ejemplo 4 muestra una forma de comparar los costos de mantenimiento por fallas y preventivo, con la finalidad de seleccionar la política de mantenimiento menos costosa.

Ejemplo 4

Huntsman y Asociados es un despacho de Contadores Públicos Certificados especializado en la preparación de nóminas. La firma ha tenido éxito en automatizar gran parte de su trabajo, mediante impresoras de alta velocidad para el procesamiento de cheques y preparación de informes. Sin embargo, el enfoque computarizado tiene sus problemas. En los últimos 20 meses, las impresoras se han descompuesto a la tasa que se indica en la siguiente tabla:

| NÚMERO DE FALLAS | NÚMERO DE MESES EN QUE OCURRIERON FALLAS |
|------------------|--|
| 0 | 2 |
| 1 | 8 |
| 2 | 6 |
| 3 | 4 |
| | Total: 20 |

Huntsman estima que cada vez que las impresoras fallan pierde \$300 en promedio en tiempo y gastos de servicio. Una alternativa sería comprar un contrato de mantenimiento preventivo. Pero aun cuando Huntsman contrate el

mantenimiento preventivo habrá fallas, cuyo *promedio* será una falla por mes. El precio mensual de este servicio es \$150. Para decidir si Huntsman debe contratar el mantenimiento preventivo, seguiremos un enfoque de 4 pasos:

Paso 1: Calcular el *número esperado* de fallas (con base en datos históricos) si la empresa sigue como hasta ahora, sin contrato de servicio.

Paso 2: Calcular el costo esperado de las fallas cada mes con contrato de mantenimiento preventivo.

Paso 3: Calcular el costo del mantenimiento preventivo.

Paso 4: Comparar las dos opciones y seleccionar la de menor costo.

1.

| NÚMERO DE FALLAS | FRECUENCIA | NÚMERO DE FALLAS | FRECUENCIA |
|------------------|------------|------------------|------------|
| 0 | 2/20 = .1 | 2 | 6/20 = 0.3 |
| 1 | 8/20 = .4 | 3 | 4/20 = 0.2 |

$$\begin{aligned} \left(\begin{array}{c} \text{Número esperado} \\ \text{de fallas} \end{array} \right) &= \sum \left[\left(\begin{array}{c} \text{Número} \\ \text{de fallas} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Frecuencia} \\ \text{correspondiente} \end{array} \right) \right] \\ &= (0)(.1) + (1)(.4) + (2)(.3) + (3)(.2) \\ &= 0 + .4 + .6 + .6 \\ &= 1.6 \text{ Fallas/mes} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Costo esperado de fallas} &= \left(\begin{array}{c} \text{Número esperado} \\ \text{de fallas} \end{array} \right) \times \left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{por falla} \end{array} \right) \\ &= (1.6)(\$300) \\ &= \$480/\text{mes} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \left(\begin{array}{c} \text{Costo de manteni-} \\ \text{miento preventivo} \end{array} \right) &= \left(\begin{array}{c} \text{Costo esperado} \\ \text{de fallas si se contrata} \\ \text{el servicio} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo del servi-} \\ \text{cio contratado} \end{array} \right) \\ &= (1 \text{ falla/mes})(\$300) + \$150/\text{mes} \\ &= \$450/\text{mes} \end{aligned}$$

4. Puesto que en general es menos costoso contratar a una empresa de servicio de mantenimiento (\$450) que no hacerlo (\$480), Huntsman debería contratarla.

Con algunas variaciones de la técnica mostrada en el ejemplo 4, los administradores de operaciones pueden examinar sus políticas de mantenimiento.

Incremento de las capacidades de reparación

Debido a que la confiabilidad y el mantenimiento preventivo pocas veces son perfectos, la mayor parte de las empresas opta por algún nivel de capacidad de reparación. Aumentar o mejorar las instalaciones de reparación pondría más rápido al sistema en operación otra vez. Una buena instalación de mantenimiento debe tener las siguientes seis características:

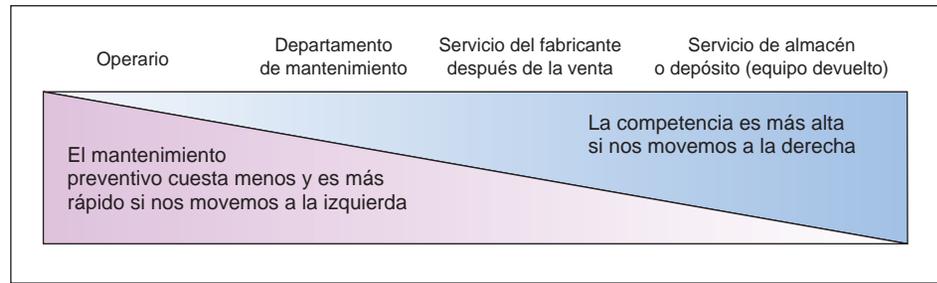
1. Personal bien capacitado.
2. Recursos adecuados.
3. Habilidad para establecer un plan de reparación y prioridades.³
4. Habilidad y autoridad para realizar la planeación de materiales.
5. Habilidad para identificar la causa de las fallas.
6. Habilidad para diseñar formas de alargar el TMEF.

Sin embargo, no todas las reparaciones pueden hacerse en las instalaciones de la empresa. La figura 15.5 muestra algunas opciones y la forma de evaluarlas en términos de velocidad, costo y competencia. Congruente con las ventajas de aumentar la delegación de autoridad en los empleados, debe haber una justificación poderosa para que los empleados den mantenimiento a su propio equipo. Sin embargo, este enfoque

³Recordará de nuestro análisis de planeación de redes, que DuPont desarrolló el método de la ruta crítica (CPM) para mejorar la programación de los proyectos de mantenimiento.

FIGURA 15.5 ■

El administrador de operaciones debe determinar cómo se realizará el mantenimiento



quizá también sea el eslabón más débil en cadena de reparación, pues no todos los empleados pueden capacitarse en todos los aspectos de la reparación de equipos. Moverse a la derecha en la figura 15.5 mejoraría la aptitud en el trabajo de reparación, aunque también incrementaría los costos, ya que puede incluir costosas reparaciones realizadas en otro sitio con el incremento correspondiente en el tiempo de reemplazo y embarque.

Sin embargo, las políticas y técnicas para el mantenimiento preventivo deben incluir un énfasis en que los empleados acepten la responsabilidad del mantenimiento que son capaces de realizar. El mantenimiento por parte de los empleados puede ser sólo del tipo “limpiar, revisar y observar”, pero si cada operario realiza esas actividades dentro de su capacidad, el administrador habrá dado un paso adelante, tanto para delegar autoridad en los empleados, como para mantener el buen desempeño del sistema.

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

Mantenimiento productivo total (TPM)

Combina la administración de la calidad total con la perspectiva estratégica del mantenimiento desde el diseño del proceso y el equipo hasta el mantenimiento preventivo.

Muchas empresas se han desplazado hacia la aplicación de los conceptos de administración de la calidad total en el servicio de mantenimiento preventivo, con un enfoque conocido como **mantenimiento productivo total (TPM, total productive maintenance)**. Esto incluye el concepto de reducir la variabilidad mediante la participación del empleado y un excelente mantenimiento de los registros. Además el mantenimiento productivo total incluye:

- Diseñar máquinas confiables, fáciles de operar y fáciles de mantener.
- Destacar el costo total de propiedad al comprar máquinas, con la finalidad de que tanto el servicio como el mantenimiento se incluyan en su costo.
- Desarrollar planes de mantenimiento preventivo que utilicen las mejores prácticas de operarios, departamentos de mantenimiento, y servicio de almacén o depósito.
- Capacitar a los trabajadores para operar y mantener sus propias máquinas.

La alta utilización de las instalaciones, una programación estricta, el inventario bajo y la calidad constante, todo demanda confiabilidad.⁴ El mantenimiento productivo total es la clave para reducir la variabilidad y mejorar la confiabilidad.

TÉCNICAS PARA ESTABLECER POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

Otras dos técnicas de AO han demostrado sus beneficios para el mantenimiento efectivo: la simulación y los sistemas expertos.

Simulación Debido a la complejidad de algunas decisiones de mantenimiento, la simulación computarizada es una buena herramienta para evaluar el efecto de las diferentes políticas. Por ejemplo, el personal de operaciones puede decidir si aumenta su personal determinando los trueques entre los costos de descompostura de la maquinaria y los costos de personal adicional.⁵ La administración también simula el

⁴Esta conclusión se apoya en numerosos estudios; véase, por ejemplo, el trabajo reciente de Kathleen E. McKane, Roger G. Shroeder y Kerry O. Cua, “The Impact of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance”, *Journal of Operations Management* 19, núm. 1 (enero de 2001): 39-58.

⁵Christian Striffler, Walton Hancock y Ron Turkett, “Maintenance Staffs: Size Them Right”, *IIE Solutions* 32, núm. 12 (diciembre de 2000): 33-38.

reemplazo de partes que aún no han fallado, como medio para prevenir fallas futuras. También es útil la simulación a través de modelos físicos. Por ejemplo, un modelo físico puede hacer vibrar un avión para simular miles de horas de vuelo y evaluar las necesidades de mantenimiento.

Sistemas expertos Los administradores de operaciones usan sistemas expertos (es decir, programas de computadora que imitan la lógica humana) para ayudar a que el personal aisle y repare diversas fallas en máquinas y equipos. Por ejemplo, el sistema DELTA de General Electric plantea una serie de preguntas detalladas que ayudan al usuario a identificar el problema. DuPont usa sistemas expertos para dar seguimiento al equipo y capacitar al personal de reparaciones.

RESUMEN

Los administradores de operaciones se centran en diseñar mejoras y componentes de respaldo para mejorar la confiabilidad. También es posible obtener mejoras en la confiabilidad mediante el mantenimiento preventivo y excelentes instalaciones de reparación.

Algunas empresas utilizan sensores automáticos y otros controles para avisar cuando la maquinaria de producción está por fallar o se está dañando por calor, vibraciones o fugas de fluidos. La meta de estos procedimientos no es sólo evitar fallas sino también realizar el mantenimiento preventivo antes de que las máquinas se dañen.

Por último, muchas empresas dan a sus empleados la sensación de ser “dueños” de sus equipos. Cuando los trabajadores reparan o dan mantenimiento preventivo a sus propias máquinas, las fallas son menos frecuentes. Los trabajadores con autoridad y bien capacitados aseguran sistemas confiables a través del mantenimiento preventivo. A su vez, un equipo bien cuidado y confiable no sólo proporciona una utilización más alta, sino también mejora la calidad y el funcionamiento acorde con la programación. Las mejores empresas construyen y mantienen sistemas para que los clientes puedan depender de los productos y servicios producidos de acuerdo con las especificaciones y a tiempo.

TÉRMINOS CLAVE

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| Mantenimiento | Mantenimiento preventivo |
| Confiabilidad | Mantenimiento por fallas |
| Tiempo medio entre fallas (TMEF) | Mortalidad infantil |
| Redundancia | Mantenimiento productivo total (TPM) |



USO DE POM PARA WINDOWS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE CONFIABILIDAD

El módulo de confiabilidad de POM para Windows nos permite introducir **1.** número de sistemas (componentes) en serie (1 a 10); **2.** número de respaldos o componentes en paralelo (1 a 12), y **3.** confiabilidad de los componentes tanto en serie como en paralelo. Para obtener más información consulte el apéndice V.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema resuelto 15.1

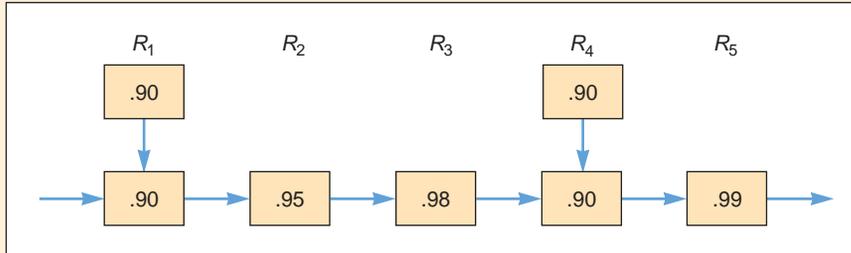
El semiconductor que se usa en la calculadora de muñeca Sullivan tiene 5 partes, cada una con su propia tasa de confiabilidad. El componente 1 tiene una confiabilidad de .90; el componente 2 de .95; la 3 de .98; la 4 de .90, y el componente 5 de .99. ¿Cuál es la confiabilidad de un semiconductor?

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 \text{Confiabilidad del semiconductor, } R_s &= R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4 \times R_5 \\
 &= (.90)(.95)(.98)(.90)(.99) \\
 &= .7466
 \end{aligned}$$

Problema resuelto 15.2

Un cambio reciente de ingeniería en la calculadora de muñeca Sullivan coloca un componente de respaldo en cada uno de los dos circuitos de transistores menos confiables. El nuevo circuito se verá como sigue:



¿Cuál es la confiabilidad del nuevo sistema?

SOLUCIÓN

$$\begin{aligned}
 \text{Confiabilidad} &= [.9 + (1 - .9) \times .9] \times .95 \times .98 \times [.9 + (1 - .9) \times .9] \times .99 \\
 &= [.9 + .09] \times .95 \times .98 \times [.9 + .09] \times .99 \\
 &= .99 \times .95 \times .98 \times .99 \times .99 \\
 &= .903
 \end{aligned}$$

EJERCICIOS EN INTERNET

Visite nuestra página Web como apoyo con el material de este capítulo.



En nuestra página Web, www.pearsoneducacion.net/heizer

- Auto-exámenes
- Problemas de práctica
- Ejercicios en Internet
- Artículos e investigación actuales
- Recorrido virtual por una compañía
- Problemas de tarea en Internet
- Caso en Internet

PREGUNTAS PARA ANALIZAR

1. ¿Cuál es el objetivo del mantenimiento y la confiabilidad?
2. ¿Cómo se identifica a un candidato para el mantenimiento preventivo?
3. ¿Explique el concepto de “mortalidad infantil” en el contexto de la confiabilidad del producto?
4. ¿Por qué con frecuencia la simulación es una técnica apropiada para los problemas de mantenimiento?
5. ¿Cuál es el trueque entre el mantenimiento que realiza el operario y el mantenimiento que lleva a cabo el proveedor?
6. ¿Cómo evalúa un administrador la efectividad de la función de mantenimiento?
7. ¿Qué papel tendría la tecnología de la información en la función de mantenimiento?
8. ¿Qué papel tendría la tecnología de la información en la función de mantenimiento?
9. En una discusión sobre los méritos del mantenimiento preventivo en Windsor Pointers, el dueño de la compañía preguntó, “¿por qué arreglarlo antes de que falle?” Usted, como director de mantenimiento, ¿cómo le respondería?
10. ¿El mantenimiento preventivo eliminará *todas* las fallas?

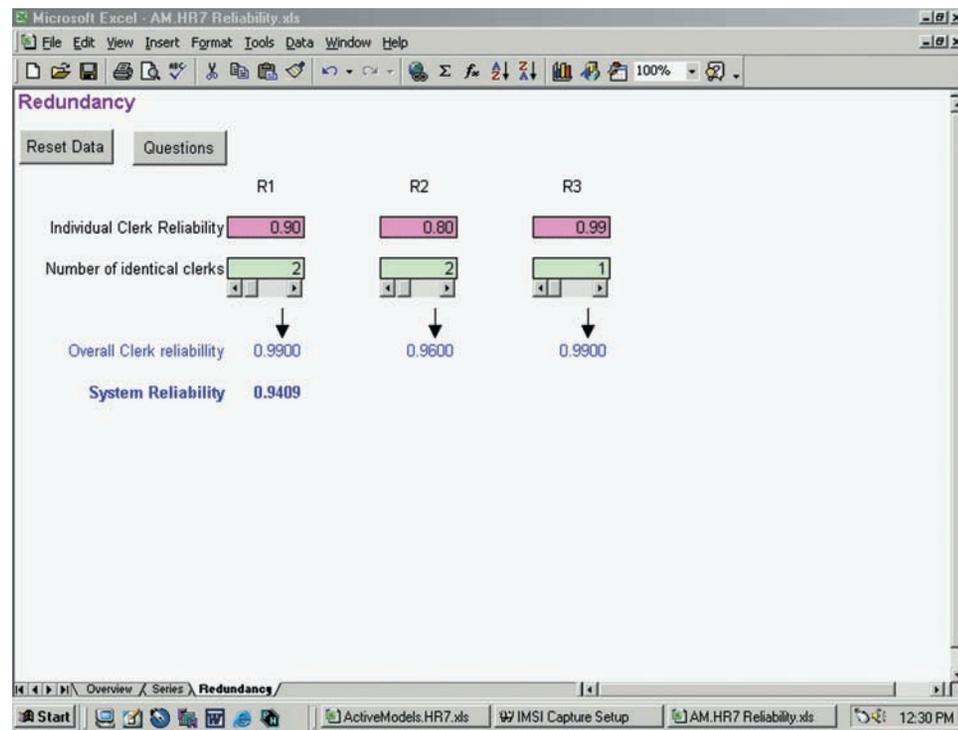
EJERCICIO DE PENSAMIENTO CRÍTICO

Después del choque de un DC-10 de McDonell Douglas en Iowa, una investigación subsiguiente sugirió que el sistema hidráulico del avión podía no proporcionar la protección suficiente. El DC-10 cuenta con tres sistemas hidráulicos separados, y todos ellos fallaron cuando uno de los motores explotó. El motor arrojó pedazos de metal que cortaron dos de las líneas y la tercera necesitaba suministro de energía del motor destruido. El DC-10, a diferencia de otros jets comerciales, no cuenta con las válvulas de cierre que hubieran podido detener la fuga del fluido hidráulico.

El L-1011 de Lockheed, un jet trimotor similar, tiene cuatro sistemas hidráulicos. En aquel entonces, uno de los vicepresidentes de McDonell Douglas comentó, “uno siempre se puede ir a los extremos y aún así no tener un avión práctico. Siempre se puede estar completamente seguro y nunca despegar”. Analice los pros y los contras de la posición de McDonell Douglas. ¿Cómo podría diseñar un experimento de confiabilidad? ¿Qué ha pasado desde entonces con la corporación McDonell Douglas?

EJERCICIO DEL MODELO ACTIVO

En este modelo activo se evalúan varios elementos de un sistema de confiabilidad con redundancia.



MODELO ACTIVO 15.2 ■

Redundancia en National Bank, usando los datos del ejemplo 3

Preguntas

1. Si estuviera disponible un empleado adicional, ¿cuál sería el mejor lugar para colocarlo?
2. ¿Cuál es el número mínimo total de empleados para lograr 99% de confiabilidad del sistema?

PROBLEMAS*

- 15.1 La unidad de procesamiento electrónico de la computadora Beta II contiene 50 componentes en serie. La confiabilidad promedio de cada componente es 99.0%. Use la figura 15.2 para determinar la confiabilidad general de la unidad de procesamiento.
- 15.2 Un proceso de pruebas en aviones Boeing tiene 400 componentes en serie. La confiabilidad promedio de cada componente es 99.5%. Use la figura 15.2 para encontrar la confiabilidad general de todo el proceso de pruebas.

*Nota: **P** significa que el problema se resuelve con POM para Windows.

- 15.3 ¿Cuál es el número *esperado* de fallas anuales para el generador de energía en Orlando Utilities que ha exhibido los siguientes datos en los últimos 20 años?

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Número de fallas | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Número de años en que ocurrieron las fallas | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 | 2 | 0 |

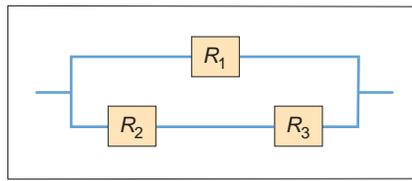
- 15.4 Cada falla de un graficador o plotter en Airbus Industries cuesta \$50. Encuentre el costo esperado de las fallas diarias dados los siguientes datos.

| | | | | | |
|--------------------------------|----|----|----|----|----|
| Número de fallas | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Probabilidad de fallas diarias | .1 | .2 | .4 | .2 | .1 |

- P** : 15.5 En la actualidad se diseña un nuevo sistema para el control de aviones que debe ser 98% confiable. Este sistema consiste en tres componentes en serie. Si los tres componentes deben tener el mismo nivel de confiabilidad, ¿qué nivel de confiabilidad se requiere?

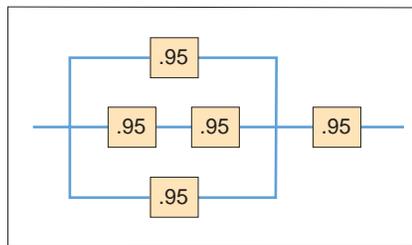
- 15.6 La empresa Robert Klassan Manufacturing, fabricante de equipo médico, ha sometido 100 marcapasos a 5 mil horas de prueba. A la mitad de las pruebas, 5 marcapasos fallaron. Cuál fue la tasa de falla en términos de lo siguiente:
 - Porcentaje de fallas?
 - Número de fallas por unidad/hora?
 - Número de fallas por unidad/año?
 - Si 1,100 personas reciben implantes de marcapasos, ¿cuántas unidades podemos esperar que fallen en el año siguiente?

- P** : 15.7 ¿Cuál es la confiabilidad del siguiente proceso de producción? $R_1 = 0.95, R_2 = 0.90, R_3 = 0.98$.



- P** : 15.8 Usted tiene un sistema compuesto por cuatro componentes en serie. La confiabilidad de cada componente es 0.95. ¿Cuál es la confiabilidad del sistema?

- P** : 15.9 ¿Cuál es la confiabilidad de que los préstamos de un banco sean procesados si cada uno de los 5 empleados tiene la confiabilidad mostrada en la figura que sigue?

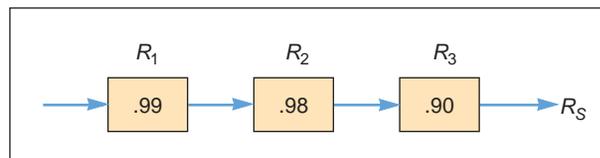


- P** : 15.10 Merrill Kim Sharp tiene un sistema de tres componentes en paralelo. Los componentes tienen las siguientes confiabilidades:

$$R_1 = 0.90, \quad R_2 = 0.95, \quad R_3 = 0.85$$

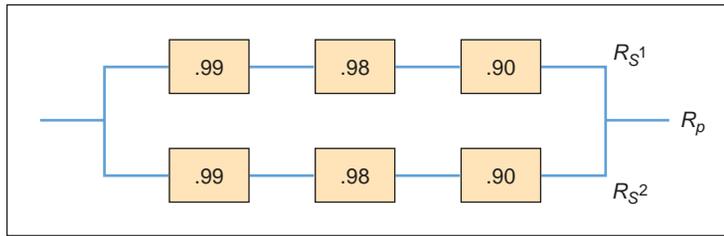
¿Cuál es la confiabilidad del sistema? (*Sugerencia:* véase el ejemplo 3).

- P** : 15.11 Un sistema de control médico cuenta con tres componentes en serie con confiabilidades individuales (R_1, R_2, R_3) como se muestra:



¿Cuál es la confiabilidad del sistema?

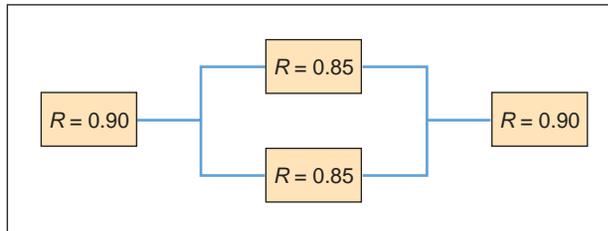
P : 15.12 a) ¿Cuál es la confiabilidad del sistema que se muestra a continuación?



b) ¿Cuánto mejora la confiabilidad si el sistema que se muestra en el problema 15.11, cambia al sistema paralelo redundante que se muestra aquí?

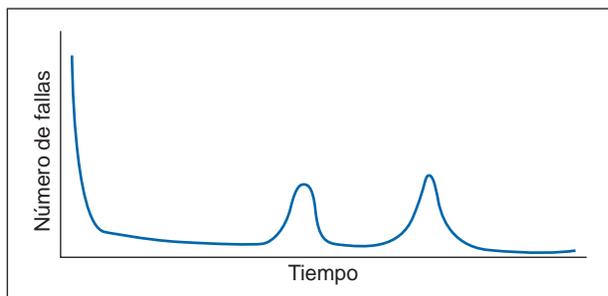
P : 15.13 Suponga que 85% de los pacientes de cirugía de marcapasos para el corazón sobrevive la operación, 95% sobrevive el periodo de recuperación posterior a la cirugía, 80% es capaz de hacer los cambios de estilo de vida necesarios para sobrevivir y que sólo 10% de los que no hacen esos cambios sobreviven más de un año. ¿Cuál es la probabilidad de que un paciente cualquiera sobreviva más de un año?

P : 15.14 Su equipo de diseño propone el siguiente sistema cuyos componentes tienen la confiabilidad que se indica:



¿Cuál es la confiabilidad del sistema?

: 15.15 El departamento de mantenimiento en Mechanical Dynamics ha presentado la siguiente curva de fallas, ¿qué le sugiere la curva?



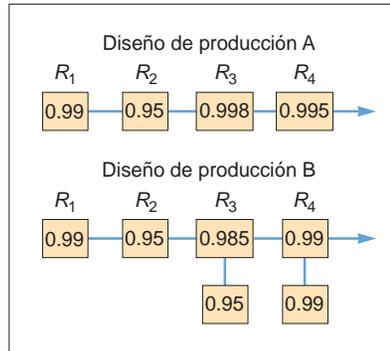
P : 15.16 Rick Wing, vendedor de Wave Soldering Systems, Inc. (WSSI), ha presentado una propuesta para mejorar el control de la temperatura de su máquina actual. Esta máquina usa un cuchillo de aire caliente para remover limpiamente el exceso de soldadura de cada tableta de circuitos impresos; se trata de un gran concepto, pero el control de la temperatura del aire caliente carece de confiabilidad. Según Wing, los ingenieros de WSSI han mejorado la confiabilidad de los controles de temperaturas cruciales. El sistema tiene cuatro circuitos integrados sensibles para controlar la temperatura, pero la nueva máquina tiene un respaldo para cada uno. Los cuatro circuitos integrados tienen confiabilidades de .90, .92, .94 y .96. Los cuatro circuitos de respaldo tienen confiabilidad de .90.

a) ¿Cuál es la confiabilidad del nuevo control de temperatura?
 b) Wing dice que si paga un sobrepago, puede mejorar la confiabilidad de las cuatro unidades de respaldo a .93. ¿Cuál es la confiabilidad de esta opción?

: 15.17 ¿Cuál es el número esperado de descomposturas por año para una máquina con los siguientes datos:

| | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Número de descomposturas | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Número de años en que ocurren | 4 | 3 | 1 | 5 | 5 | 0 |

P : 15.18 Como vicepresidente de operaciones en Krause Engineering, usted debe decidir, ¿cuál de los diseños de producto, A o B, tiene la mayor confiabilidad? B fue diseñado con unidades de respaldo para los componentes R_3 y R_4 . ¿Cuál es la confiabilidad de cada diseño?



: 15.19 Una transacción de ventas al menudeo típica consiste en varias partes menores, que pueden considerarse componentes sujetos a falla. Una lista de estos componentes incluye:

| COMPONENTE | DESCRIPCIÓN | DEFINICIÓN DE LA FALLA |
|------------|---|---|
| 1 | Encontrar el producto adecuado en tamaño, color, etcétera | No se encuentra el producto |
| 2 | Llegar a la fila de la caja | No hay cajas abiertas, filas muy largas o con dificultades |
| 3 | Leer el código del producto con el escáner | El escáner no sirve, el artículo no está en el archivo, lectura incorrecta de nombre o precio |
| 4 | Calcular el total de la compra | Peso incorrecto, extensión incorrecta, introducción incorrecta de datos, impuesto equivocado |
| 5 | Hacer el pago | El cliente no tiene efectivo, cheque no aceptable, tarjeta de crédito rechazada |
| 6 | Entregar el cambio | Se entrega el cambio incorrecto |
| 7 | Empacar en una bolsa la mercancía | Se daña la mercancía al empacar; la bolsa se rompe |
| 8 | Concluir la transacción y salir | No hay recibo, empleado indiferente o grosero |

Suponga que las ocho probabilidades de éxito son .92, .94, .99, .99, .98, .97, .95 y .96. ¿Cuál es la confiabilidad del sistema, es decir, la probabilidad de que haya un cliente satisfecho? Si usted fuera el administrador de la tienda, ¿cuál cree que sería un valor aceptable para esta probabilidad? ¿Qué componentes serían buenos candidatos para respaldo y cuáles para rediseño?

PROBLEMAS DE TAREA EN INTERNET

Visite nuestra página Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener los siguientes problemas de tarea adicionales: 7-20 a 7-24.

CASO DE ESTUDIO

Worldwide Chemical Company

Jack Smith limpió el sudor de su frente. Era otro día bochornoso de verano y una de las cuatro unidades de refrigeración del proceso estaba descompuesta. Las unidades eran vitales para la operación de la planta de fibras de Worldwide Chemical Company, que produce fibras sintéticas y hojuelas de polímeros para un mercado global.

Al Henson, el superintendente del turno diurno de producción no tardó en gritar por el intercomunicador su proclama familiar de que “las cabezas rodarían” si la unidad no estaba de nuevo trabajando antes de una hora.

Sin embargo, Jack Smith, el superintendente de mantenimiento lo había escuchado antes y nunca pasaba nada con las rabetas de Henson. “Se lo merece”, pensó. “Henson no coopera cuando queremos realizar el mantenimiento programado, entonces no se hace y el equipo se descompone.”

A pesar de todo, Henson estaba verdaderamente furioso en ese momento, por el impacto que la descompostura tendría en las cifras del rendimiento del proceso. Al encontrarse con la gerente de la planta, Beth Conner, comenzó a decir que todo lo que el departamento de mantenimiento hacía era “sentarse por ahí” a jugar cartas, como bomberos esperando a que una alarma los envíe a apagar el fuego al otro lado de la ciudad. El

enfoque de mantenimiento de “arreglar lo descompuesto” estaba costando a la planta una producción que era vital para cumplir con los estándares de costos y evitar serias variaciones. Los competidores extranjeros estaban entregando fibras de alta calidad en menos tiempo y a precios más bajos. Ya habían llamado a Conner de las oficinas corporativas para plantearle el problema de que los niveles de producción eran significativamente más bajos de los presupuestados. Los ciclos de negocios contenían variaciones estacionales predecibles. Esto significaba acumular inventarios que se acumularían durante meses, inmovilizando el capital escaso, una característica de la mayoría de los procesos continuos. Los embarques mensuales se verían mal. Los envíos de un año a la fecha estarían aún peor por las fallas de la maquinaria y la pérdida de producción hasta ahora. Conner sabía que algo debía hacer para desarrollar la confiabilidad de las máquinas. Era necesario contar con la capacidad demandada para responder a la creciente competencia extranjera. La falta de confiabilidad en el equipo de producción estaba poniendo en riesgo el esfuerzo de TQM de la compañía al causar variaciones en el proceso que afectaban tanto la ganancia de un producto de primera calidad como las entregas a tiempo, pero nadie parecía tener la respuesta al problema de descomposturas de maquinaria.

El departamento de mantenimiento operaba en buena medida como un departamento de bomberos, corriendo hacia la falla con un enjambre de mecánicos, algunos desarmaban la máquina mientras otros se volcaban sobre los diagramas del cableado y otros más buscaban las refacciones en el almacén de mantenimiento. En algún momento tendrían la

máquina funcionando de nuevo, aunque a veces debían trabajar toda la noche para que la línea de producción pudiera ponerse en marcha de nuevo. El departamento de mantenimiento siempre lo había hecho así. Sin embargo, con los nuevos competidores, la confiabilidad de la maquinaria de pronto se había convertido en una barrera importante para competir con éxito.

Los rumores de clausura comenzaron a circular por la planta y el estado de ánimo era malo, haciendo aún más difícil el buen funcionamiento. Conner sabía que para salvar la planta sería necesario encontrar soluciones con rapidez.

Preguntas para analizar

1. ¿Pueden Smith y Hansen hacer algo para mejorar el desempeño?
2. ¿Hay alguna alternativa al enfoque actual de las operaciones del departamento de mantenimiento?
3. ¿Cómo podría producción compensar la pérdida de salida de productos debida al mantenimiento programado?
4. ¿Cómo podrían utilizarse mejor los mecánicos de mantenimiento?
5. ¿Existe alguna forma de saber cuándo es probable que se descomponga una máquina?

Fuente: Patrick Owings, con la supervisión de la Profesora Marilyn M. Helms, Tennessee University en Chattanooga.

CASOS DE ESTUDIO ADICIONALES

Casos de estudio en Internet: visite nuestro sitio Web en www.pearsoneducacion.net/heizer para obtener estos casos de estudio gratuitos:

- **Cartak's Department Store:** Requiere la evaluación del efecto de contar con un verificador adicional de facturas.

Harvard seleccionó estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo (textbookcasematch.hbsp.harvard.edu):

- **The Dana-Farber Cancer Institute (#699-025):** Examina las características organizacionales y de proceso que pudieron haber contribuido a que ocurriera un error médico.
- **Workplace Safety at Alcoa (A) (#692-042):** Observa los retos que enfrenta el administrador de una gran planta de fabricación de aluminio en su intento por mejorar la seguridad.
- **A Brush with AIDS (A) (#394-058):** Dilema ético cuando las agujas penetran las barreras de contención.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahire, Sanjay, Garrison Greenwood, Ajay Gupta y Mark Terwilliger, “Workforce-Constrained Preventive Maintenance Scheduling Using Evolution Strategies”, *Decision Sciences* 31, núm. 4 (otoño de 2000): 833-859.
- Ambs, Ken, *et al.*, “Optimizing Restoration Capacity in the AT&T Network”, *Interfaces* 30, núm. 1 (enero-febrero de 2000): 26-44.
- Chen, F., “Continuous Improvement for Preventive Maintenance”, *Production and Inventory Management Journal* 38, núm. 4 (cuarto trimestre de 1977): 13-16.
- Cua, Kristy O., Kathleen E. McKone y Roger G. Schroeder, “Relationship between Implementation of TQM, JIT and TPM, and Manufacturing Performance”, *Journal of Operations Management* 19, núm. 6 (noviembre de 2001): 675-694.
- Ravinder, H. V. y Carl R. Schultz, “Decision Making in a Standby Service System”, *Decision Sciences* 31, núm. 3 (verano de 2000): 573-593.
- Sloan, Thomas W y George Shanthikumar, “Combined Production and Maintenance Scheduling for a Multiple-Product, Single Machine Production System”, *Production and Operations Management* 9, núm. 4 (invierno de 2000): 379-399.
- Verrijdt, J., I. Adan y T. de Kok, “A Trade off between Emergency Repair and Inventory Investment”, *IIE Transactions* 30, núm. 2 (febrero de 1998): 119-132.
- Westerkamp, Thomas A., “Evaluating the Maintenance Process”, *IIE Transactions* 30, núm. 12 (diciembre de 1998): 22-27.
- Westerkamp, Thomas A., “Plan of Maintenance Productivity”, *IIE Transactions* 33, núm. 8 (agosto de 2001): 36-41.



RECURSOS DE INTERNET

Reliability Engineering:

<http://www.enre.unmd.edu/>

Center for System Reliability

<http://reliability.sandia.gov>

Reliability Analysis Center

<http://rac.iitri.org>

Society for Maintenance and Reliability Professionals:

<http://www.smrp.org/>

Society of Reliability Engineers:

<http://www.sre.org/>