

INGENIERIA DE METODOS

III EDICIÓN



CALIDAD



PRODUCTIVIDAD



Ing. Fernando Burgos Vivas

INDICE

I. INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE METODOS	5
1. La Ingeniería de Métodos	5
2. División de la Ingeniería de Métodos	9
3. Creatividad	9
4. Filosofía de la Ingeniería de Métodos	10
5. La Resistencia al Cambio	12
6. Historia	13
7. Calidad, Nivel de vida, Productividad e Ingeniería de Métodos	14
8. Pasos para hacer un estudio de Ingeniería de Métodos	20
9. Requisitos previos a la instalación del nuevo método	27
10. Aplicación de la Ingeniería de Métodos	28
11. Herramientas para el registro y análisis de la información	29
II. ANALISIS DEL PROCESO	32
1. Diagrama de Operaciones del Proceso (D.O.P.)	35
2. Diagrama del Proceso (D.P.)	40
3. Diagrama de Flujo o de Recorrido (D.F.)	47
III. ANALISIS DE LA OPERACION	53
1. Propósito de la Operación	55
2. Diseño de las partes	40
3. Tolerancias y Especificaciones	58
4. Materiales	60
5. Procesos de Manufactura	63
6. Equipos, Herramientas y Tiempos de Preparación	65
7. Condiciones de Trabajo	68
8. Manejo de Materiales	81
9. Distribución en Planta	82
10. Principios de Economía de Movimientos	88

IV. ANALISIS DE MOVIMIENTOS	91
1. El Estudio Visual de Movimientos	91
2. El Estudio de Micromovimientos	103
V. ANALISIS DE ACTIVIDADES MULTIPLES	113
1. Diagrama Hombre-Máquina (u Operador-Máquina)	114
2. Diagrama de Cuadrillas.	124
3. Técnicas Cuantitativas para Relaciones Hombre-Máquina	131
VI. LINEAS DE PRODUCCION:	
BALANCE DE LINEAS DE ENSAMBLE	160
1. La Línea de Producción	160
2. Formulacion Analítica del Problema de Balance de Líneas	165
3. Métodos Analíticos de Balance de Líneas de Ensamble	171
VII. MEDICION DEL TRABAJO	196
1. Evaluación de Alternativas.	196
2. Estimación de Tiempos de Ejecución de Alternativas.	197
3. El Estudio de Tiempos	198
Concepto de Estándar	198
El Tiempo Estándar	199
Estudio de Tiempo con Cronómetro	200
Muestreo de Trabajo	233
Calificación de Velocidad	256
Registros Históricos	277
Tolerancias. El Tiempo Estándar	345
4. Medición de Trabajos Indirectos	371
APENDICES	391
BIBLIOGRAFIA	399

I. INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE METODOS

1. LA INGENIERIA DE METODOS.

Llamada en una época Estudio de Movimientos y Tiempos, está relacionada directamente con el establecimiento de métodos de trabajo, determinación del tiempo necesario para realizar una actividad y desarrollo del material que se requiere para darle un uso práctico a estos datos. Una definición más formal, y operativa es:

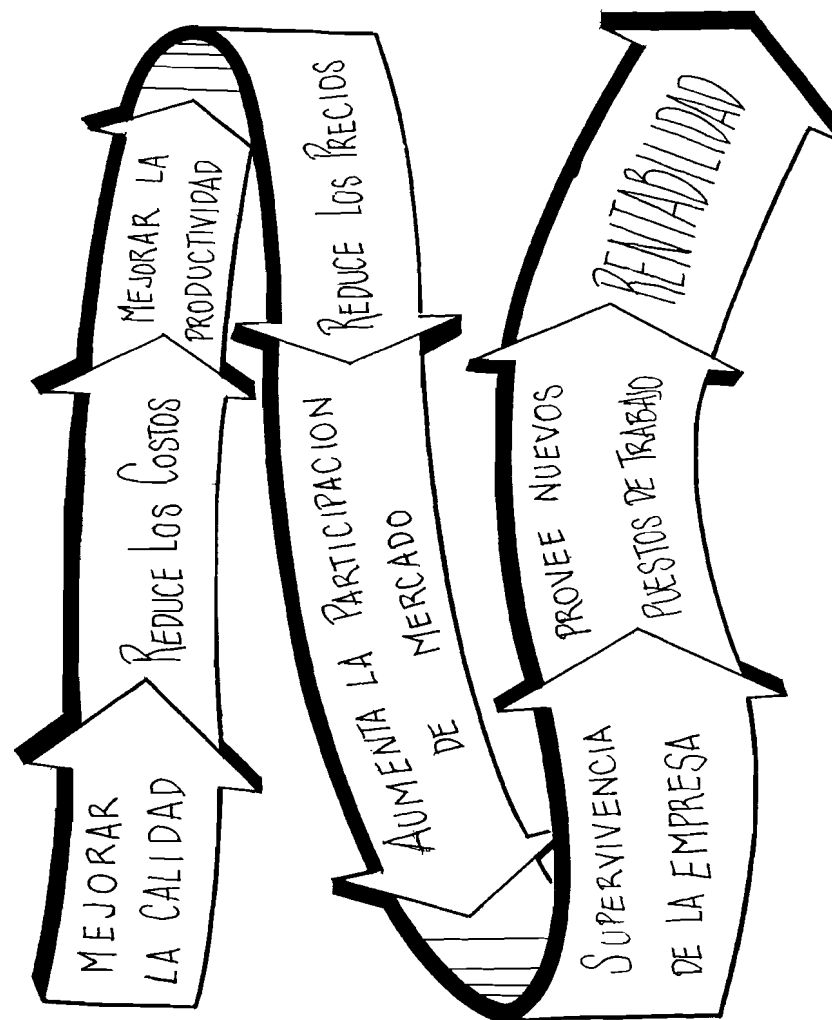
La Ingeniería de Métodos es el estudio de los MÉTODOS, MATERIALES, EQUIPOS y HERRAMIENTAS involucrados en una tarea particular, con la finalidad de:

1. Encontrar el MEJOR METODO de ejecución
 2. NORMALIZAR el método, los materiales, los equipos y las herramientas.
 3. Determinar EL TIEMPO necesario para que una persona calificada y debidamente entrenada realice la tarea, trabajando a RITMO NORMAL.
 4. Ayudar al operario a ADIESTRARSE siguiendo el mejor método.
- A. Ritmo Normal. Es la rata efectiva de ejecución de un operario consciente, calificado, cuando trabaja con un ritmo que no es ni muy rápido ni muy lento (pero sí representativo del promedio) y prestando consideración adecuada a los requerimientos físicos, mentales o visuales del trabajo específico.
- B. Importancia de la Ingeniería de Métodos. La Ingeniería de Métodos permite el logro de ciertos objetivos específicos como son: reducir el costo de operación, eliminar actividades innecesarias y no esenciales, incrementar la eficiencia de cada actividad necesaria, eliminar la duplicación de esfuerzos, hacer el trabajo más seguro y menos fatigoso, eliminar pérdidas de tiempo, energía y materiales, crear conciencia respecto al tratamiento sistemático para la solución de problemas, y en general, MEJORAR LA CALIDAD y por ende AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD, tal como expresa la Reacción en Cadena del Dr. Edwards Deming.

La Ingeniería de Métodos encuentra aplicación dentro de cualquier tipo de organización: oficinas, almacenes, agencias gubernamentales, hospitales, empresas manufactureras y de servicio, etc. Mediante

la aplicación de estos Estudios, artículos que constituyeron objetos de lujo para una generación se han convertido en necesarios para la generación siguiente mejorando los métodos de producción y reduciendo los costos. Como ejemplo podemos citar el automóvil, el radio, las refrigeradoras, las lavadoras, etc. Otros productos en los cuales se aprecia inmediatamente la aplicación de los principios establecidos por la Ingeniería de Métodos son: los bolígrafos, los diferentes envases, etc.

En este libro se usan indistintamente los términos Ingeniería de Métodos, Estudio de Movimientos y Tiempos y Estudio del Trabajo.



2. DIVISION DE LA INGENIERIA DE METODOS

La Ingeniería de Métodos comprende dos ramas:

A. Estudio de Métodos

B. Medición del Trabajo

A. Estudio de Métodos. Es el registro, análisis y examen crítico sistemático de los modos actuales y propuestos de llevar a cabo una tarea, con la finalidad de tratar de encontrar métodos más sencillos y eficaces.

B. Medición del Trabajo. Es la aplicación de técnicas para determinar el contenido de trabajo de una tarea particular, fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo, con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

Es cierto que el Estudio del Trabajo es un conjunto de técnicas, pero también es una actitud mental; una insatisfacción con el desperdicio de recursos; una búsqueda constante de mejoras; apasionamiento por el sistema y el orden.

3. CREATIVIDAD

Uno de los requisitos para ser un buen Ingeniero de Métodos, es la creatividad; la cual ha sido definida como un proceso de ajuste y reajuste de experiencias pasadas, para obtener nuevos patrones que sirvan mejor a las necesidades de los hombres. También se ha definido como la combinación inseparable de imaginación, resolución y esfuerzo. La creatividad por lo general no es un producto del azar, aún cuando la literatura pocas veces hace énfasis sobre la necesidad de la existencia de un pensamiento sistemático para que pueda ocurrir la creación. Es decir, se requiere que una persona se encuentre inmersa dentro de un proceso de búsqueda, para que pueda hallar lo que desea o sea capaz de reconocerlo cuando se le presente. Antes que Newton, por ejemplo, muy seguramente cientos de miles, millones de personas, habían visto caer manzanas u otros objetos, pero por no andar en ese proceso sistemático de búsqueda no fueron capaces de reconocer un fenómeno que estaba allí, en la Naturaleza. Casos similares puede decirse que ocurrieron con Charles Goodyear y la vulcanización del caucho (1839); William Roentgen (1845-1923)

y los RAYOS X; Gerhard Hensen (1841-1912) y el bacilo causante de la lepra; Tomás Edison y la lámpara incandescente (1880) y tantos otros.

El Ingeniero de Métodos debe adoptar una actitud interrogativa en todo momento. Es importante citar aquí a Descartes cuando dice que "EL HOMBRE DEBE TENER DUDAS SOBRE TODO LO QUE OBSERVA. SI UN HOMBRE DUDA, PIENSA, Y PENSAR ES EXISTIR".

Muchas personas tienden a dar por cierto que los métodos de trabajo por ellas utilizados son perfectos hasta tanto se familiarizan con los principios de la Ingeniería de Métodos, la cual proporciona las herramientas necesarias para realizar un tratamiento sistemático de los problemas para así encontrar una solución adecuada.

4. FILOSOFIA DE LA INGENIERIA DE METODOS

La Ingeniería de Métodos permite resolver problemas. Un problema surge cuando existe el deseo de transformar un estado de condiciones en otro. Sin ese deseo, el problema NO EXISTE. El problema estará en vías de solución cuando se haya definido CLARAMENTE. Una clara definición evitará encontrar la solución CORRECTA pero para el problema EQUIVOCADO.

Por ejemplo, la solución al problema definido como "hay que elevar la producción" puede ser comprar más máquinas (aún cuando el meollo del asunto pueda estar en la baja productividad de la mano de obra); al definido como "el bote está lleno de agua"; solución: Achicar el agua con una lata.

Por lo general lo que percibimos de los problemas son manifestaciones; de allí que si no tratamos de llegar a la causa real, no haremos sino "maquillar" algún efecto.

Un problema de Ingeniería puede tener muchas soluciones, y este hecho puede provenir de varias razones. Las RESTRICCIONES que se impongan, por ejemplo, respecto al tiempo para tomar la decisión, además del COSTO que este tiempo implique, hacen que no podamos examinar exhaustivamente todas y cada una de las soluciones existentes para un problema dado. De allí que dos ingenieros que trabajan independientemente en la búsqueda de soluciones para resolver un mismo problema, puedan llegar a conclusiones totalmente

distintas. También soluciones formuladas en TIEMPOS DISTINTOS pueden diferir apreciablemente.

Normalmente son tantas las VARIABLES que influyen sobre el problema y es tan corto el TIEMPO para evaluar TODAS las ALTERNATIVAS POSIBLES, que hay que prestar atención sólo a aquellos factores que se consideren de mayor importancia y descartar o tratar superficialmente a los otros. Otras veces no es posible MEDIR variables importantes que pueden influir en la decisión final (como por ejemplo las variables relacionadas con la conducta humana, o la fatiga causada por un esfuerzo determinado); además aquellas variables que pueden medirse están sujetas a la precisión de los sistemas de medición empleados; y siendo el hombre por lo general un componente de estos sistemas, no es posible obtener mediciones carentes de error. Sin embargo, debido a que es necesario obtener los resultados que orienten la toma de decisiones, hay que utilizar las técnicas y procedimientos disponibles aún cuando sean imperfectos.

El hecho de que puedan tomarse en cuenta sólo una pequeña cantidad de todas las soluciones posibles y que además haya que seleccionar una de las alternativas desarrolladas basándose en Métodos imperfectos de evaluación, hace que no podamos referirnos a ninguna solución de un problema de Ingeniería como "la mejor" o única solución en forma absoluta. Esta es la base de la filosofía de la Ingeniería de Métodos y por lo cual se dice que:

SIEMPRE HAY UN MÉTODO MEJOR

Y si el que se está ejecutando actualmente (Método Actual) resulta adecuado es sencillamente porque no se ha dedicado suficiente tiempo, no se ha hecho el análisis necesario, para encontrar uno mejor que logre reemplazarlo (Método propuesto). El ingenio de la mente humana y la aplicación del esfuerzo mental son tan viejos como el mundo; muchas ideas son modificaciones, extensiones o adaptaciones de ideas ya existentes y ocurre a menudo que los medios empleados para resolver un problema pueden utilizarse para un fin totalmente nuevo. Por el análisis sistemático de una función global, tal como un departamento completo o de una serie de operaciones realizadas sobre un producto dado, podemos encontrar que ciertas actividades pueden eliminarse completamente, o reorganizarse para lograr ventajas; o disminuir los desperdicios de tiempo, energía y material. El aumento de la Productividad de cada operación y de la organización en general puede obtenerse solamente investigando en

primer lugar la organización como un todo, para luego concentrarse en los detalles (enfoque desde lo general a lo particular).

5. LA RESISTENCIA AL CAMBIO

Los obstáculos mayores encontrados cuando se pretende hacer más fácil cualquier trabajo, no son debidos precisamente a dificultades técnicas. Los mismos se deben principalmente a las actitudes, tanto de las personas encargadas de hacer el análisis del problema, como de aquellos que se ven afectados por el cambio.

La actitud de la persona que hace el análisis debe ser de "mente abierta" para poder llegar a descubrir dónde está verdaderamente el problema. El analista que considere que un trabajo no puede ser mejorado, por muy experto que se diga, no es un buen solucionador de problemas.

Por otro lado, las personas directamente involucradas con lo que se va a mejorar, o con el problema que se va a resolver, tienden a resistirse a cualquier cambio y a dudar de los buenos efectos que algo diferente a lo establecido pueda tener. La resistencia al cambio tiene relación con la necesidad de SEGURIDAD que tenemos los seres humanos desde que nacemos, lo cual ha sido estudiado por psicólogos como Frederick Herzberg y Abraham Maslow. Dicha resistencia se debe al temor a lo desconocido y representa una gran barrera para la aceptación de nuevos métodos. Los Estudios de Métodos podrían ser vistos como una amenaza a la seguridad.

Junto con la necesidad de seguridad está la de PERTENENCIA a un grupo, sea éste de trabajo, social o familiar. El hombre por naturaleza es un ser gregario. Las personas se sienten seguras en compañía de algunas otras, y cualquier intento de romper la armonía del grupo o cualquier acción que se considere lesiona a uno de sus miembros se verá como una amenaza a la seguridad. Maslow indica que toda persona busca alcanzar cierto status. Un cambio que signifique entonces una reducción en la habilidad requerida para el trabajo, o en la responsabilidad asignada, o en la importancia del trabajo, traerá como consecuencia la resistencia.

Algunas sugerencias para minimizar la resistencia al cambio son:

Facilitar la PARTICIPACION; hacer sentir a los afectados que son participantes en el cambio.

Introducir INTERES sobre las condiciones de aquellos a quienes afecta el cambio.

Hacer resaltar la IMPORTANCIA que el cambio tiene. Hacer explícitos sus BENEFICIOS.

6. HISTORIA

Frederick Winslow Taylor, nacido el 20-03-1856 en Filadelfia (EE.UU), y conocido como el padre de la Administración Científica, es considerado como el pionero en cuanto a los Estudios de Tiempos, o Medición del Trabajo, tomando en cuenta el Estudio que presentó en el Congreso de Ingenieros Mecánicos realizado en Detroit en el año 1895. Taylor hacía ver la necesidad de que los trabajadores supiesen en todo momento cual sería su próxima asignación de trabajo y que las cargas de trabajo debían estar basadas en un tiempo fijo, determinado dividiendo la tarea en los elementos que la integran; estimando el tiempo de cada uno de dichos elementos para luego obtener el tiempo total asignado a la tarea. Taylor murió en 1915.

Los Estudios de Movimientos, o Estudios de Métodos, se le atribuyen a Frank Bunker Gilbreth, nacido en Fairfield, Maine, en 1869. A él se le debe la formulación de los 17 elementos básicos en los cuales puede descomponerse cualquier tarea y que reciben el nombre de THERBLIGS (apellido Gilbreth al revés). En 1904 se casó con Lilian Evelyn Moller y ambos se dedicaron al trabajo en el área. Muerto Frank en 1924, su esposa siguió asesorando empresas sobre todo en cuanto a diseño de equipos de uso doméstico y dictando conferencias en universidades hasta su muerte ocurrida en 1972. La filosofía fundamental de los Gilbreth, de que es necesario el estudio cualitativo antes de aplicar cualquier medición cuantitativa, ha sido reconocida en forma casi universal como la aproximación correcta para resolver los problemas relacionados con el trabajo.

Después de cierta rivalidad entre los seguidores de Taylor y de Gilbreth, las dos escuelas aceptaron el hecho de que eran necesarias ambas técnicas para obtener los mejores resultados.

Otras personas que realizaron trabajos que pueden ser considerados como de Ingeniería de Métodos, aún antes que Taylor, fueron: Leonardo Da Vinci, el célebre genio italiano, el francés Jean R. Perronet (1760, comienzo de la Revolución Industrial) y el inglés Charles Babbage (1820).

7. CALIDAD, NIVEL DE VIDA, PRODUCTIVIDAD E INGENIERÍA DE MÉTODOS.

A. Nivel de vida. Es la capacidad que tiene el ciudadano medio para proporcionarse a sí mismo y a las personas que están bajo su tutela familiar, todo lo necesario para sustentarse y disfrutar de la existencia.

Este concepto es muy relativo, de tal manera que una persona considerada como pobre en un país dado podría muy bien no serlo en otro.

Internacionalmente se acepta como indicador del nivel de Vida el ingreso Per-Cápita. Por ejemplo, para el año 1989 (Fuente: Almanaque Mundial 1993), países tales como Vietnam, Nigeria y Zaire tenían per-cápitas de más de \$200 pero menos de \$300. India, China, Haití, Kenya, Sri Lanka e Indonesia tenían más de \$300 pero menos de \$600. Bolivia, Guatemala, Ecuador, El Salvador y Colombia tenían más de \$600 pero menos de \$1.500. Argentina, Venezuela, Brasil, Hungría y Uruguay tenían más de \$2.000 pero menos de \$2.700. Rumania, Portugal y Corea más de \$3.000 pero menos de \$4.500. Puerto Rico, Irlanda, España, Israel y Singapur tenían más de \$6.000 y menos de \$10.500; mientras que Italia, Francia, Canadá, Estados Unidos y Japón tenían más de \$10.500 y menos de \$24.000.

Esto nos ofrece un indicio acerca de cómo podría ser el Nivel de Vida en cada uno de dichos países; pero sin embargo el Per-Cápita no representa un dato concluyente ya que muchas veces la riqueza de los países está desigualmente repartida. Además, dado que el Per-Cápita está referido en dólares, influye también la tasa de cambio que tenga la moneda nacional.

Actualmente se está usando un indicador aparentemente más completo, que es la Capacidad de Compra de Bienes y Servicios (PPP: Purchasing Power Parities), basado en lo cual China por ejemplo, que según el Per-Cápita no aparece bien clasificado, aparece entre los primeros países (más concordante con el verdadero nivel de vida de la China actual).

Más adecuado será entonces tomar como referencia ciertas condiciones mínimas que deberían ser satisfechas para garantizar un Nivel de Vida aceptable, las cuales son:

1. Alimentación
2. Vestido
3. Vivienda
4. Salubridad
5. Seguridad
6. Educación

1. Alimentación. Con la calidad y en las cantidades necesarias para reponer las energías perdidas durante el quehacer diario.

2. Vivienda. Que proporcione protección contra las inclemencias del tiempo y que posea condiciones higiénicas.

3. Vestido. Adecuado según las exigencias culturales de la sociedad y las condiciones climáticas.

4. Salubridad. En cada comunidad debe haber planes encaminados a prevenir enfermedades a través de: la exterminación de agentes, vacunaciones masivas, campañas de concientización ciudadana, etc; y además deben proveerse los medios para que aquellos afectados por una enfermedad puedan obtener el tratamiento indicado (hospitales, dispensarios, etc.).

5. Seguridad. O protección contra el robo, la violencia, la pérdida de posibilidades de empleo y la pobreza debida a vejez o enfermedad.

6. Educación. Tal que permita a todos los ciudadanos desarrollar a plenitud sus facultades intelectuales.

Las tres primeras condiciones expuestas deben ser costeadas directamente por cada ciudadano; mientras que la salubridad, la seguridad y la educación son normalmente administradas por los gobiernos, contribuyendo el ciudadano con las mismas a través de los impuestos.

Veamos como son algunos de estos factores en tres de los países cuyo per-cápita hemos presentado (fuente: Almanaque Mundial 1993),

	CANADA	COLOMBIA	VENEZUELA
VIVIENDA			
CON AGUA POTABLE URBANA			
Población servida (%)	100	100	88 (1985)
CON AGUA POTABLE RURAL			
Población servida (%)	100	76	65
CON ALCANTARILLADO URBANO			
Población servida (%)	100	96	57
CON ALCANTARILLADO RURAL			
Población servida (%)	100	14	08
SALUBRIDAD			
Habitante/Médico	510(1988)	1.240(1988)	643(1987)
Mortalidad Infantil (%)	7(1989)	39,7(1985-90)	35,9(1985-90)
Esperanza de Vida	77(1989)	69(1989)	70(1989)
ALIMENTACION			
Calorías/Día per cápita	3.447	2.561	2.547 (1989)
EDUCACION			
Alfabetismo (%)	95,6(1991)	86,7(1990)	88,1(1990)
Alumnos en Primer Nivel	2.345.000(1990)	4.205.657(1990)	2.967.110(1986)
Profesores en Primer Nivel	149.500	140.681	112.157
Alumnos en Segundo Nivel	2.254.654	2.282.816	1.138.916 (1988)
Profesores en Segundo Nivel	158.618	114.839	61.671 (1986)
Alumnos en Tercer Nivel	1.322.917	474.787	500.295 (1988)
Profesores en Tercer Nivel	59.741	51.725	37.564
Universidades	48(1991)	49	18(1991)
BIBLIOTECAS			
Centros	994	975	25
Miles de Volúmenes	66.781	2.921	4.805

El Nivel de Vida medio de una población estará determinado por el esfuerzo conjunto de todos los ciudadanos. La contribución de cada uno permitirá al país generar al menos lo indispensable para cubrir sus necesidades. Lo ideal sería que cada país pudiera autoabastecerse, eliminando la dependencia que lo convierte en débil, económicamente hablando. Mientras mayor sea la producción de bienes y servicios, mayor será la potencialidad para que el ciudadano medio disponga de un mejor Nivel de Vida.

Básicamente, la producción de bienes y servicios puede aumentarse:

INCREMENTANDO EL NIVEL DE PRODUCCION. Abriendo fuentes de trabajo para ubicar a aquellas personas que estén desempleadas, subempleadas o trabajando a jornada parcial. Sin embargo, dado que no basta con hacer las cosas bien, sino las cosas buenas, estas fuentes de trabajo deben ser pertinentes desde el punto de vista del estado de desarrollo del país.

AUMENTANDO LA PRODUCTIVIDAD. Producir más con los mismos recursos, o lo mismo con menos recursos, permite disminuir los costos y generar un ciclo en el cual se demandan más bienes y servicios, y ocasiona que haya que producir más.

B. Productividad. Desde el punto de vista económico es la relación que existe entre los productos o bienes obtenidos y la cuantía de los recursos utilizados para obtenerlos.

Dicho de otra manera, es la relación entre lo producido en calidad y cantidad y los insumos o recursos que al efecto se movilizaron.

No debe confundirse el término Productividad con el término Producción. Desde el punto de vista económico, Producción es aquel proceso por el cual se crea valor o utilidad, o se incrementa, por la aplicación de los factores: tierra, capital, trabajo. El incremento de producción no implica necesariamente un aumento de productividad.

El incremento de productividad puede lograrse cuando:

Aumenta la producción sin aumentar los insumos.

Aumenta la producción y disminuyen los insumos.

Se obtiene la misma producción disminuyendo los insumos

Aumenta la producción en proporción mayor que lo que aumentan los insumos.

Decrece la producción pero en proporción menor a lo que decrecen los insumos.

De acuerdo a la prevalencia de los recursos utilizados, puede hablarse de PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA, PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA, PRODUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES, PRODUCTIVIDAD DE LAS MAQUINAS, etc.

Debido a que en los procesos de producción usualmente se combinan varios recursos, puede suceder que el mejor aprovechamiento de uno de ellos vaya en detrimento de otros. Para controlar ésto hay que considerar el concepto de VALOR AGREGADO (diferencia entre el valor de lo producido y el valor de los insumos) y aplicar la relación Valor Agregado / insumos para tomar cualquier decisión.

El aumento de la Productividad se refleja en costos más bajos y por lo tanto más bajos precios; salarios mejores y mayores ingresos para las organizaciones. Todo ello se traduce en un aumento del poder de compra de la moneda y en un mejoramiento continuo del Nivel de Vida.

Si se canalizan debidamente los beneficios obtenidos del aumento de la productividad, se establece un ciclo de expansión constante; pero si los ingresos no se distribuyen en la forma apropiada o si la producción y las ventas no se amplían en la medida en que la productividad aumente, pueden resultar desniveles considerables y aumentar el desempleo. Un plan, por ejemplo para absorber la mano de obra desplazada de un sector, se hace entonces indispensable para evitar los riesgos provenientes de una suboptimización.

No existe un modo único aplicable a todas las organizaciones para lograr una mayor productividad. Sin embargo se pueden citar algunos enfoques básicos relacionados con la Ingeniería de Métodos:

- Planificar y fijar metas a fin de crear objetivos claros para la obtención de la productividad deseada.
- Estudiar y evaluar los Métodos conocidos para lograr un mejor desempeño en el trabajo.
- Seleccionar los Métodos más adecuados.
- Supervisar la instalación del Método seleccionado.
- Hacer un mantenimiento sistemático a las instalaciones, equipos y maquinarias. (Mantenimiento Productivo Total).
- Utilizar más eficientemente las materias primas. Reducir y aprovechar los desperdicios.
- Mejorar los sistemas de control de calidad. (C.E.P., Taguchi, Pokayoke)

La productividad equivale a cambio, y ya se ha mencionado que el ser humano tiene la tendencia natural de resistirse a los cambios; sin

embargo para aumentar la productividad de cualquier sistema se necesitan CAMBIOS en:

- La actitud hacia el trabajo
- Los métodos de trabajo
- Los lugares de trabajo
- Responsabilidades por asignaciones, etc.

Una campaña de incremento de la productividad debe pronunciarse haciendo énfasis en los siguientes beneficios:

- Se eliminará el trabajo excesivo, inútil, mal dirigido, mal diseñado.
- Se ofrecerán más fuentes de empleo al elevarse la demanda y reducirse las importaciones.
- Aumentarán los ingresos, y mayor cantidad de personas podrán vivir mejor.

Edwards Deming habla de una REACCION EN CADENA que comienza por mejorar la CALIDAD, entendida como satisfacer las necesidades y las expectativas de los CLIENTES (cualquiera, interno o externo a la organización que es usuario o es afectado por los productos o los servicios que producimos. J. Juran). La mejora de la calidad se consigue disminuyendo el desperdicio de materiales, eliminando actividades no esenciales, obteniendo mejores materias primas, eliminando retrabajos, reduciendo tiempos de preparación, etc. (Asuntos que pueden lograrse con los estudios de Métodos). LA MEJORA DE LA CALIDAD REDUCE LOS COSTOS y por lo tanto mejora la PRODUCTIVIDAD de los recursos utilizados para producir. Esto permite REDUCIR LOS PRECIOS de venta, con lo cual podemos obtener una MAYOR PARTICIPACION EN EL MERCADO lo cual garantiza la SUPERVIVENCIA de la empresa, PROVEE NUEVOS PUESTOS DE TRABAJO, con lo cual se mejora el Nivel de Vida de la población y AUMENTA LA RENTABILIDAD.

Los Métodos y los Estudios hacia los cuales se dirige la Ingeniería de Métodos, permiten mejorar la calidad, reducir los costos y aumentar la productividad a través de un mejor aprovechamiento del esfuerzo humano, del tiempo, de los materiales, de las maquinarias, de los equipos, de las herramientas, del capital. Es decir, ELIMINANDO EL DESPERDICIO.

8. PASOS PARA HACER UN ESTUDIO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS.

La Ingeniería de Métodos puede aplicarse dentro de cualquier tipo de organización en la cual se desee aumentar la Productividad, pero debe aclararse que esta disciplina no solamente sirve para mejorar centros de trabajo ya existentes, sino que también es útil para diseñar nuevos centros.

Por ejemplo, cuando se elabora el proyecto de instalación de una planta industrial cualquiera, en la etapa de planificación del sistema productivo corresponderá al Ingeniero de Métodos la responsabilidad de diseñar conjuntamente con otros ingenieros los procesos básicos; separando las operaciones manuales de las de maquinado, escogiendo las facilidades físicas más adecuadas, las herramientas y los dispositivos para realizar cada actividad y diseñando los Métodos de trabajo mediante los cuales se logre coordinar la acción de los hombres, o de los hombres y las máquinas que intervendrán en el proceso para lograr un sistema eficiente.

Considerando lo anterior, pueden formularse tres enfoques, o variantes de aplicación de la Ingeniería de Métodos:

- A. Para diseñar un nuevo centro de trabajo
- B. Para mejorar un centro de trabajo existente
- C. Para buscar ahorros dentro de la organización mediante un programa Ad-Hoc.

A. Ingeniería de Métodos para diseñar un nuevo centro de trabajo.

El diseño de un nuevo centro de trabajo debe tener como objetivo lograr la función que se desee con el mínimo de recursos posibles.

Los pasos a seguir en este caso son:

- a. Recabar toda la información relacionada con el producto a elaborar o con el servicio a prestar dentro del nuevo centro de trabajo. Esta información comprende:

Planos y dibujos

Cantidades necesarias

Fechas de entrega

Posibles proveedores

Transformaciones requeridas (estado inicial y final de cada una).

b. Ordenar la información.

c. Presentar los hechos utilizando las herramientas de análisis más apropiadas. Puede emplearse una o más de las siguientes:

Diagrama de Operaciones del Proceso

Diagrama del Proceso

Diagrama de Flujo o de Recorrido

d. Considerar la deseabilidad de aplicación de los "Criterios del Análisis de la Operación".

e. Generar Métodos alternativos de ejecución.

f. Con base en el criterio de mínimo consumo de recursos, seleccionar el mejor Método.

g. Presentar el "Registro Normalizado" del Método

h. Instalar el centro de trabajo.

i. Realizar Estudios de Tiempos.

j. Verificar y controlar que el Método se ejecute de acuerdo con lo que establece el Registro Normalizado.

B. Ingeniería de Métodos para mejorar un centro de trabajo existente.

En este caso existe un problema cuyas manifestaciones pueden ser: alto consumo de recursos (mano de obra, materiales, tiempo), acumulación de materiales, baja eficiencia, etc. También el problema puede estar planteado como lograr una transformación de un estado a otro; como por ejemplo producir más o prestar mayor cantidad de servicios.

Los pasos necesarios para mejorar un centro de trabajo ya existente no difieren mucho de los descritos para diseñar un nuevo centro. Ellos son:

- a. Realizar una observación e investigación preliminares para familiarizarse con el área a analizar,

b. Con base en la repetitividad o importancia de la tarea, determinar cual debe ser el grado de profundidad para el Estudio a hacer.

c. Fijar las limitaciones del Estudio.

d. Reunir toda la información necesaria:

Planos y dibujos
Cantidades
Capacidades
Fechas de entrega
Materiales
Transformaciones requeridas

e. Ordenar la información.

f. Presentar la información

La mente humana puede pensar mejor en una sola cosa al mismo tiempo. Con el objeto de estudiar un proceso completo, el mismo debe descomponerse en los elementos que lo integran.

La presentación de los hechos se hace valiéndose de las herramientas de análisis más adecuadas. Estas herramientas son:

Diagrama de las Operaciones del Proceso
Diagrama del Proceso
Diagrama de Flujo (o de Recorrido)
Diagrama Hombre-Máquina
Diagrama de Cuadrillas
Diagrama del Operador (o Mano derecha-Mano izquierda)

Dentro del análisis revisten especial importancia ciertas preguntas que ayudarán a definir el problema, tales como:

CUÁL? Con esta pregunta se pretende encontrar si operaciones previas, órdenes o direcciones, necesitan ser cambiadas para eliminar la necesidad de la tarea, o reducir la cantidad de la misma.

POR QUÉ SE HACE? Esta pregunta se formula para asegurarse de que cada elemento es necesario.

DÓNDE SE HACE? El propósito de esta pregunta es encontrar el lugar en donde pueda realizarse el trabajo más satisfactoriamente y en menor tiempo.

CUÁNDO SE HACE? El trabajo debe ser hecho en el momento preciso. Esta pregunta permite determinar si el trabajo debería ser reacomodado o cambiado de secuencia para reducir el tiempo total.

QUIÉN LO HACE? Esta pregunta se hace para asegurarse de que la dependencia, persona o facilidad física correcta, efectúa el trabajo. Este no debe estar, en cuanto a dificultad, ni por encima ni por debajo de aquellos designados para ejecutarlo.

COMO SE HACE? La respuesta a esta pregunta proporciona la descripción de la forma o de los pasos seguidos para la consecución del objetivo perseguido. Los lugares de trabajo deben prepararse adecuadamente y las herramientas deben usarse correctamente.

Las manos deben hacer solamente trabajo productivo.

g. Aplicar los "Criterios del Análisis de la Operación"

h. Realizar un Estudio de Movimientos, si se justifica,

i. Generar Métodos alternativos de ejecución.

El primer paso cuando se desarrolla un nuevo Método es ver cuáles partes de la tarea pueden ser **ELIMINADAS**.

La eliminación remueve los elementos improductivos de la tarea, permitiendo realizarla con menos recursos. Este paso obviamente proporciona los mayores ahorros. La eliminación de trabajo innecesario debe considerarse como un proceso continuo.

El segundo paso es tratar de **COMBINAR** en lo posible los elementos remanentes.

La combinación puede verse como una forma de eliminación, ya que el agrupar dos o más elementos en uno solo disminuye el número total de elementos.

Algunas veces el tercer paso: **CAMBIAR DE POSICION** los elementos, permite obtener mejoras substanciales. El cambio de posición puede también considerarse como relacionado con

la eliminación, ya que al mover un elemento hacia una posición anterior o posterior a la que ocupaba pueden eliminarse otras actividades como demoras, almacenajes, o reducir transportes.

Una vez aplicados los pasos anteriores, si se considera entonces que la actividad o el elemento es necesario, se procederá a tratar de SIMPLIFICARLO.

La simplificación tiene como objetivo permitir que cada elemento pueda ser hecho en la forma más sencilla y con el menor esfuerzo.

Además de los Diagramas de Operaciones del Proceso y del Proceso, el hacer una Distribución en Planta del área de trabajo brinda más claramente los medios para reorganizar los elementos de trabajo.

- j. Seleccionar el mejor Método.
- k. Hacer el "Registro Normalizado" del Método Propuesto
- l. Realizar Estudio de Tiempos
- m. Comparar el Método Actual con el Propuesto
- n. Presentar el nuevo Método.
- o. Instalar el nuevo Método.
- p. Hacer Correcciones de tiempos.
- q. Verificar y controlar la ejecución del nuevo Método, de acuerdo con el "Registro Normalizado".

C. Ingeniería de Métodos para buscar ahorros dentro de la organización mediante un programa Ad-Hoc.

La mejora de Métodos debe ser un proceso continuo dentro de cualquier organización. Constantemente deben revisarse las diferentes áreas para detectar situaciones problemáticas y generar soluciones adecuadas.

Los pasos a seguir cuando se establece un programa de mejora de Métodos serán:

- a. Realizar una investigación preliminar para determinar cuáles tareas necesitan de un Estudio más urgente. Las tareas más susceptibles a mejoras son:

Las operaciones "CUELLO DE BOTELLA"

Los trabajos que consumen MUCHO TIEMPO

Los trabajos que requieren de LARGOS RECORRIDOS para obtener materiales y herramientas.

Los que implican DESPERDICIO de esfuerzo humano y de materiales.

Cualquier trabajo está compuesto de tres partes:

Preparar. Es el esfuerzo y tiempo consumidos alistando el equipo o maquinaria, obteniendo los materiales y herramientas necesarias para trabajar, leyendo instrucciones, planos, etc.

Hacer. Es el trabajo verdaderamente efectivo o productivo.

Retirar. Es el trabajo que sigue al Hacer. Puede consistir en retirar partes terminadas, apagar la máquina, limpiar la estación de trabajo, etc.

El PREPARAR y el RETIRAR deben reducirse en lo posible ya que INCREMENTAN EL TIEMPO DE PRODUCCION y no añaden ventajas a los resultados finales. Por lo tanto, no debe intentarse mejorar el Hacer, hasta tanto no se hayan mejorado el Preparar y el Retirar.

En algunos casos al Preparar y Retirar se les da el nombre genérico de PREPARAR o PUESTA A PUNTO.

Los trabajos de oficina usualmente tienen muchas fases de preparación y retiro, tales como leer formatos, informes, cartas, procedimientos y normas, antes de tomar una decisión.

La DUPLICIDAD de esfuerzos, de información, de funciones, etc. INCREMENTA LOS COSTOS.

El MANEJO DE MATERIALES sólo añade costo al producto o servicio, por lo tanto DEBE REDUCIRSE AL MINIMO.

Después de cotejar los trabajos observados con los puntos anteriores, pueden elegirse los tres trabajos que se crea necesitan más urgentemente de mejoras. La razón para la selección de cada uno de ellos debe ESCRIBIRSE. La libreta de anotaciones es un gran aliado del Analista de Métodos, por

cuanto la memoria resulta muy poco confiable cuando hay tantos detalles que atender.

Como una comprobación de que se han escogido los trabajos más importantes, debe verificarse con el Encargado o Supervisor.

La investigación realizada debe basarse en HECHOS, RAZONES y CAUSAS y no en opiniones, excusas o efectos. Las opiniones sólo provocan controversias. Los hechos producen conclusiones. El hecho no desaparece cuando se pregunta ¿Por qué?. Las excusas tratan de desviar la búsqueda de la razón real.

- b. Una vez seleccionado el trabajo a mejorar se continuará con los pasos necesarios para mejorar un centro de trabajo existente; es decir:

Reunir toda la información necesaria

Ordenar la información

Presentar la información

Aplicar los criterios del Análisis de la Operación

Realizar un Estudio de Movimientos si se justifica

Generar alternativas de solución

Seleccionar el mejor Método

Hacer el Registro Normalizado del Método

Realizar Estudios de Tiempos

Instalar el Método

Hacer correcciones de tiempos

Verificar y controlar la ejecución del nuevo Método de acuerdo con el Registro Normalizado.

9. REQUISITOS PREVIOS A LA INSTALACION DEL NUEVO MÉTODO

A. Revisión. Buscando posibles defectos, riesgos, puntos débiles (aspectos negativos) y además aspectos positivos e interesantes (Análisis Positivo-Negativo-Interesante).

B. Venta de la idea. Los beneficios por lo general serán difíciles de visualizar antes de poner en ejecución las mejoras propuestas. Por ello hay que "vender" la idea a todas las personas que en una u otra forma están relacionadas con el trabajo: gerentes, supervisores, operarios, etc. Cada uno de ellos estará interesado en un aspecto del Estudio. El lenguaje para efectuar la comunicación debe ser el adecuado para el nivel al cual se le vende la idea. Algunas sugerencias respecto a esto son:

- Preparar la presentación. Desarrollar uno o más planes de acción. Analizar antes los pro y los contra, probar las decisiones.
- Obtener aprobación del superior. Solicitarle tiempo suficiente para explicarle el proyecto; despertar su interés suministrándole una descripción corta y completa. En el Informe escrito, presentar sólo los hechos. Expresarse con soltura, claridad y seguridad. Evitar rebuscamientos y frases hechas.
- Usar los recursos más adecuados para la presentación. Preparar Diagramas, modelos en tres dimensiones, gráficas, dibujos, etc. Los rotafolios, diapositivas y otros medios audiovisuales contribuyen a despertar el interés y a facilitar la comprensión.
- Obtener la aprobación. Vender significa convencer; no decir nada más. Debe también darse el reconocimiento a aquellos que han ayudado en el proyecto.

C. Entrenamiento del operario.

- Desarrollar un programa de entrenamiento; especificando habilidades a ser alcanzadas en fechas específicas; descomponer el trabajo en sus pasos más importantes; describir los puntos claves. Alistar el equipo, los materiales, las herramientas y los dispositivos.

Arreglar el área de trabajo en la forma en que debe ser mantenida por el operario.

- Comenzar con el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conversar con el operario para averiguar sus conocimientos sobre el trabajo, e interesarlo en el aprendizaje del nuevo Método. Colocarlo en la posición correcta según lo indicado en el Método. Presentar las operaciones indicando puntos clave e interrogando de vez en cuando para ver si ha entendido. Ensayar el Método y asegurarse de que el operario realmente ha aprendido. Verificar si posteriormente sigue trabajando de acuerdo con lo instruido y averiguar la causa de cualquier desviación en la cual incurra.

10. APLICACION DE LA INGENIERIA DE METODOS

La Ingeniería de Métodos proporciona herramientas con diferente grado de profundidad y detalle, cuya aplicación dependerá de la "importancia" que tenga el trabajo a estudiar.

La importancia de una tarea puede expresarse en términos de repetitividad, costo, esfuerzo, etc. En general puede decirse que existen tres grados de refinamiento para ser aplicados al trabajo. Ellos son:

- Análisis del Proceso
- Análisis de la Operación
- Análisis de Movimientos

El orden más amplio corresponde al Análisis del Proceso. Puede ser que solamente con esta fase se logre encontrar las mejoras buscadas; pero si ello no sucede, y la importancia de la tarea así lo justifica, habrá que proseguir con un Análisis de la Operación. De la misma forma podrá profundizarse el análisis pasando luego a realizar un Estudio de Movimientos.

Cada grado de refinamiento, en el orden mencionado, completa el anterior; es decir, para hacer un Análisis de la Operación debe haberse hecho antes un Análisis del Proceso; y un Análisis de Movimientos requiere que previamente se haya realizado un Análisis de la Operación y del Proceso. Es por esto obvio que mientras más se profundice en el análisis, mayor se hará el costo de ejecutarlo.

11. HERRAMIENTAS PARA EL REGISTRO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Existen varias herramientas desarrolladas que permiten registrar toda la información relacionada con el trabajo que se va a estudiar, analizarla y presentar a la vez el Método Propuesto. La forma de registro dependerá del tipo y forma de los datos y del enfoque en cuanto a profundidad de análisis que se dé al Estudio. Puede ser necesario utilizar combinaciones de herramientas, las cuales no constituyen un fin por sí mismas, sino que son solamente medios para lograr un objetivo. Los modos de registro de información pueden ser:

A. Diagramas

a. Diagramas del Proceso

1. Diagrama de Operaciones del Proceso
2. Diagrama del Proceso propiamente dicho
3. Combinaciones de los anteriores
4. Diagrama de Flujo (o de Recorrido)
5. Diagrama de Hilos
6. Diagrama Tridimensional de Recorrido

b. Diagramas de Actividades Múltiples

1. Diagrama Hombre-Máquina
2. Diagrama Hombre-Máquinas
3. Diagrama de Cuadrillas
4. Combinaciones de los anteriores

c. Diagramas de Movimientos en el área de trabajo

1. Diagrama del Operador (o Mano derecha-Mano izquierda).
2. Diagrama SIMO (o de Micromovimientos)

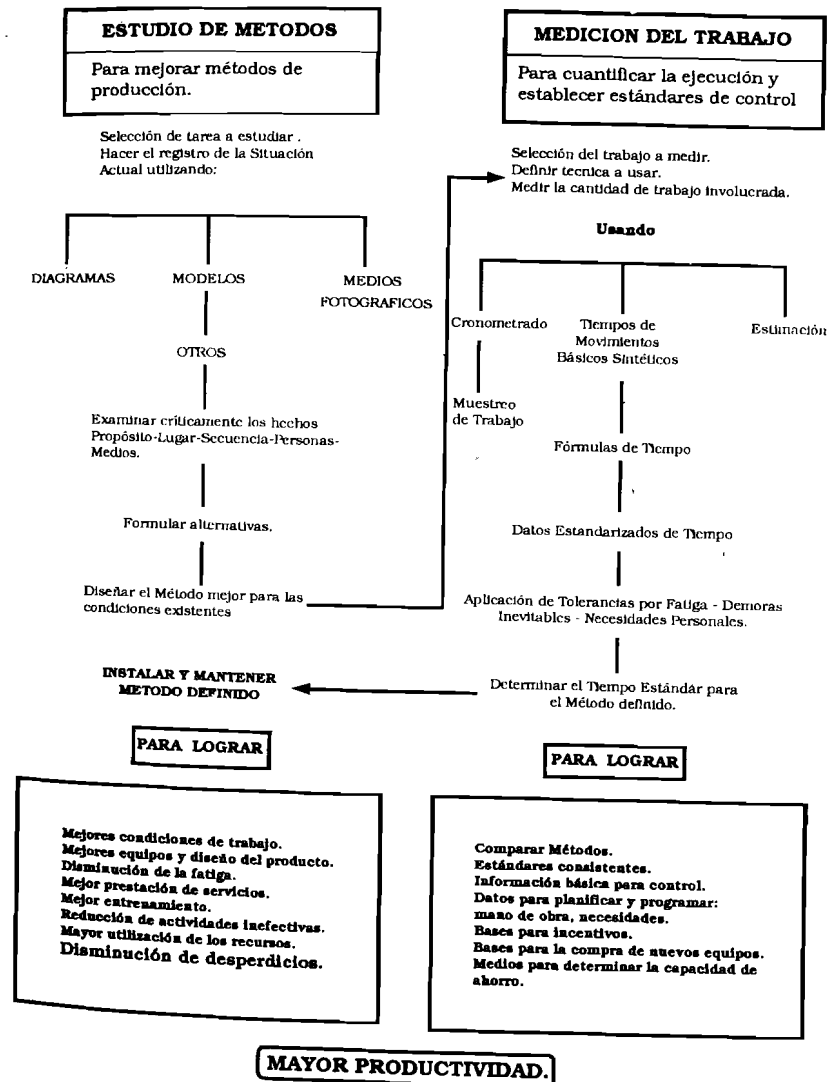
B. Modelos Físicos

- a. Planos de distribución del área de trabajo (Distribución en Planta)
- b. Plantillas
- c. Modelos en tres dimensiones
- d. Planos de piezas y productos

C. Medios Fotográficos

- Cámara cinematográfica
- Cámara de video
- Cámara fotográfica

PASOS PARA HACER UN ESTUDIO DE INGENIERIA DE METODOS

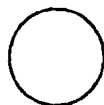


II. ANALISIS DEL PROCESO

El Análisis del Proceso se realiza utilizando como herramientas básicas los diagramas de Operaciones del Proceso, del Proceso y de Flujo con sus combinaciones y sus variantes: diagramas de Hilos y Tridimensional de Recorrido.

El Análisis del Proceso descompone el mismo en cinco actividades: OPERACION, INSPECCION, TRANSPORTE, ALMACENAJE y DEMORA.

OPERACION.



Ocurre cuando se cambian intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto; cuando dicho objeto es montado junto con otro, o es desmontado de otro objeto y cuando se arregla o prepara para realizar otra actividad. También cuando se da o se recibe información, se traza un plan o se hace un cálculo.

El símbolo utilizado para la operación es un círculo.

Ejemplos: Escribir a máquina, clavar un clavo, desmontar un caucho, poner una inyección, perforar un agujero, sumar, hacer un dibujo, pegar bloques, extirpar amígdalas.

INSPECCION.



Tiene lugar cuando un objeto es examinado para ser identificado o para verificar su conformidad de acuerdo a estándares establecidos de calidad o cantidad. El símbolo de la inspección es un cuadrado.

Ejemplos: Revisión de un documento buscando errores, comprobación de las medidas de una parte procesada, medición de la temperatura de una persona.

TRANSPORTE.

Sucede cuando un objeto es trasladado de un lugar a otro, excepto cuando dicho traslado forma parte de una operación o es realizado por el operario en su sitio de trabajo durante una operación o una inspección.



El símbolo del transporte es una flecha cuya orientación se usa algunas veces para indicar el sentido del movimiento.

Ejemplos: Transportar arena en un camión, llevar una carta de una oficina a otra.

ALMACENAJE.



Ocurre cuando un objeto se resguarda y protege contra un traslado no autorizado. Para que el objeto pueda ser sacado de este almacenaje, es necesario una orden.

El símbolo del almacenaje es un triángulo equilátero con uno de sus vértices hacia abajo.

Ejemplos: Cereales en un silo, documentos archivados, productos terminados en almacén.

DEMORA.



Se origina cuando las condiciones, excepto aquellas que cambian intencionalmente las características físicas o químicas del material, no permiten la inmediata realización de la siguiente acción planificada.

El símbolo de la demora es una letra D mayúscula.

Ejemplos: Carros en una cola de peaje, correspondencia esperando ser leída, basura esperando sin ser recogida, persona esperando por ascensor.

ACTIVIDAD COMBINADA. Para indicar actividades realizadas conjuntamente, se combinan sus símbolos.



Ejemplos: La mezcladora de concreto que funciona mientras el camión que la carga se desplaza hasta el sitio de utilización, constituye un caso de operación combinada con transporte.

Existen en el mercado plantillas que permiten dibujar los símbolos del proceso en sus dimensiones estándar y facilitan la construcción de los diagramas.

El uso correcto de los símbolos depende de como se definan e identifiquen las áreas de trabajo. La delimitación del área de trabajo dependerá del objetivo del Estudio que se lleva a cabo. Si el propósito es analizar el método en detalle, posiblemente sea conveniente definir muchas áreas de trabajo pequeñas, pero si se pretende recabar información para hacer una distribución en planta, bastará con definir pocas áreas de trabajo, amplias. Un área de trabajo puede ser entonces una mesa, o parte de una mesa, una máquina y el área que la rodea o todo un departamento.

Por ejemplo, la profundidad de análisis deseada podría requerir que una misma mesa se divida en varias áreas de trabajo. En este caso el desplazamiento de un material de una a otra parte de la mesa debe ser considerado como un transporte; pero para otro grado de profundidad puede que esa mesa forme parte de una gran área de trabajo en cuyo caso los desplazamientos sobre ella no se considerarán como transportes. Una serie de actividades pueden constituir una operación para un análisis dado, mientras que para otro pueden tener clasificaciones diferentes. Por ejemplo sacar punta al lápiz es en términos globales una operación; pero desde el punto de vista de un análisis de micromovimientos podría comprender: Ir por lápiz (transporte), tomar lápiz (operación), Introducir lápiz en orificio del sacapuntas (operación), accionar sacapuntas (operación), sacar el lápiz (operación), llevar lápiz a mesa (transporte).

También una actividad puede clasificarse de una u otra forma dependiendo de si en el análisis se está siguiendo al hombre o al material. Algunos de los diagramas requieren que se especifique a cual componente del sistema se sigue (hombre o material).

Actividad	Resultado predominante
Operación	Produce o realiza
Transporte	Mueve
Inspección	Verifica
Demora	Interfiere
Almacenamiento	Guarda

1. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (D.O.P.)

El Diagrama de Operaciones del Proceso es la representación gráfica de los puntos en los cuales se introducen los materiales al proceso y de la secuencia de todas las OPERACIONES e INSPECCIONES. No se incluyen aquellas actividades relacionadas con el Manejo de Materiales.

Además contiene toda la información que se considere adecuada para el análisis como por ejemplo tiempos, materiales, facilidades físicas empleadas, etc.

Construcción del D.O.P.

Debido a que cada Diagrama de Operaciones del Proceso es diferente de otro, no se puede diseñar un formato que facilite su construcción. Se utilizará por lo tanto una hoja blanca de papel, de tamaño adecuado. En la parte superior de la hoja se coloca el título:

"DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE ELABORACION DE..."

además de otra información que nos permita identificar en cualquier momento a qué se refiere el diagrama, cuándo se elaboró, quién lo elaboró, dónde, etc. Dicha información comprende:

Nombre de la Organización

Nombre del Departamento

Si el D.O.P. corresponde al Método Actual o al Método Propuesto.

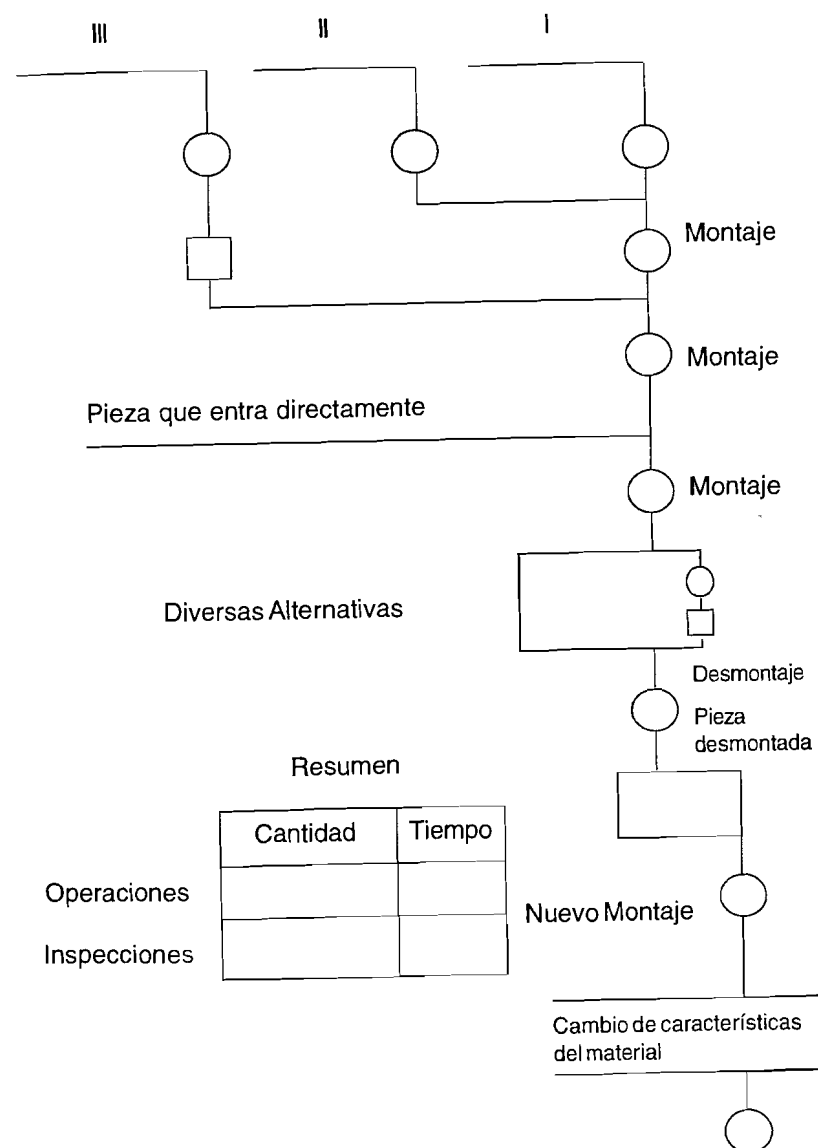
Número del plano o cualquier otro elemento de identificación del producto.

Fecha de elaboración del D.O.P.

Nombre de la persona que lo elaboró.

En la Figura 1 se presenta el esquema para el trazado de un Diagrama de Operaciones del Proceso.

ESQUEMA DEL TRAZADO DE UN DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO



Las líneas horizontales indican material que entra al proceso. Las líneas verticales indican el flujo.

A cada elemento que entra al proceso corresponde en la parte superior de la hoja una raya horizontal en la cual se identifica el material y el nombre de la parte. Partiendo del extremo derecho de esta raya se traza una línea vertical de flujo.

En la línea vertical se dibujan los símbolos que representan en orden los diferentes eventos realizados. A la derecha del símbolo se hace una breve descripción del evento y se identifica el puesto de trabajo y a la izquierda se coloca el tiempo de duración. La línea vertical que se sitúa más a la derecha se reserva para el elemento principal, al cual se le van a adicionar las otras partes o sobre el cual se realiza el mayor número de operaciones. Las demás líneas verticales son usadas para los elementos secundarios. Una línea horizontal une la vertical secundaria a la principal antes del símbolo que representa el ensamble de las dos piezas. Toda pieza o material que entre en el proceso sin sufrir transformación se representa por una línea horizontal, unida a la línea de flujo antes del símbolo que representa su utilización. Sobre esta línea horizontal puede escribirse el nombre del proveedor de la parte comprada o cualquier otra descripción que se considere adecuada.

En el caso de cambio de característica de la unidad representada gráficamente, la línea de flujo correspondiente se corta por dos rayas horizontales paralelas entre las cuales se indicarán las nuevas características. Si el elemento representado puede seguir varios caminos alternativos, la línea vertical se corta por dos rayas horizontales paralelas entre sí y entre ellas se trazan las líneas verticales que representan las alternativas.

En caso de desmontaje de una pieza se traza una línea horizontal que parte de la línea de flujo inmediatamente después del símbolo de desmontaje y se dirige hacia la derecha. Los diferentes eventos se numeran a partir del principio de la vertical principal, hasta el primer cruce. La numeración seguirá entonces por el principio de la línea secundaria de circulación y si no hay más cruces continúa en la principal. Un método consiste en utilizar una numeración para las operaciones y otra para las inspecciones, lo cual facilita la elaboración del resumen final. Por ejemplo: 0 - 1, 0 - 2 ... etc. 1 - 1, 1 - 2 etc.

Usos del Diagrama de Operaciones del Proceso.

El Diagrama de Operaciones del Proceso es una HERRAMIENTA útil para:

1. Investigar cuáles actividades (operaciones o inspecciones) pueden ser eliminadas.
2. Ver si es posible cambiar la secuencia de ejecución de algunas actividades para obtener mejoras.
3. Estudiar la posibilidad de combinar actividades.
4. Reestudiar el diseño de las partes.
5. Considerar los materiales que intervienen en el proceso.
6. Analizar los procesos de manufactura.
7. Investigar los equipos y las herramientas utilizados.
8. Realizar trabajos de Distribución en Planta.

En general el D.O.P. es útil para estudiar casos en los cuales se hace el ensamble o agregado de varios componentes. Ayuda a visualizar el Método Actual para que así puedan desarrollarse métodos mejorados. Muestra al Analista el efecto que tendría el cambiar una operación dada sobre las operaciones precedentes y subsiguientes. La sola construcción del D.O.P. sugerirá posibilidades de mejoras. Dado que cada paso se muestra en la secuencia cronológica adecuada, el diagrama en sí muestra cómo debería ser la distribución ideal de la planta. El D.O.P. ayuda en la venta y explicación del Método Propuesto.

2. DIAGRAMA DEL PROCESO (D.P.)

El Diagrama del Proceso es la representación gráfica del orden de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes que tienen lugar durante un proceso y comprende información considerada necesaria para el análisis como son: tiempos, cantidades y distancias recorridas.

Construcción del D.P.

En general el Diagrama del Proceso contiene considerablemente más información y más detalles que el D.O.P.; por lo tanto es apropiado para representar un solo componente del ensamble a la vez. Existen dos tipos de Diagrama del Proceso.

1. El tipo "MATERIAL" describe el proceso en términos de los eventos que se suceden sobre el material. La descripción se hace por lo general en voz pasiva.
2. El tipo "HOMBRE" describe el proceso en términos de las actividades que realiza el hombre. Es una descripción en voz activa.

En el diagrama no se sigue a un solo hombre, o a un solo material en particular, sino en general a los hombres y a los materiales que intervienen en el proceso.

Un formato utilizado para la construcción del Diagrama del Proceso, se presenta en la Figura 3.

Descripción del formato.

1. La parte superior derecha lleva:
 - a. Título: DIAGRAMA DEL PROCESO
 - b. Nombre del proceso que se describe.
 - c. Indicación de si el diagrama es de tipo Hombre o Material. Si es de tipo Material, se hace una breve descripción de ellos.
 - d. Dónde se inicia y dónde se termina el proceso diagramado. Esto es necesario, ya que a veces se estudia sólo parte de un proceso.
 - e. Nombre de la persona que hace el diagrama.
 - f. Fecha de elaboración.
 - g. En la esquina superior derecha: Pag _____ de _____; con lo cual se indica el número total de hojas que contiene la representación y se evitan confusiones en el caso de perderse una de ellas.
2. El cuerpo del diagrama está dividido en 8 secciones básicas las cuales son: Descripción del Método, Columna de Símbolos, Distancia en metros, Cantidad, Tiempo, Análisis, Observaciones y Acción.
 - a. Descripción del Método. Al lado de este encabezamiento se explica si el método que se representa es el Actual o el Propuesto.

Pag. _____ de _____

RESUMEN

	Actual		Propuesto		Diferencia	
	No.	Tiempo	No.	Tiempo	No.	Tiempo
☐ OPERACIONES						
☐ TRANSPORTES						
☐ INSPECCIONES						
☐ DEMORAS						
☐ ALMACENAJES						
Distancia Recorrida		mts.		mts.		mts.

DIAGRAMA DEL PROCESO

Nombre del Proceso _____
☐ Hombre ☐ Material _____
 Se inicia en _____
 Se termina en _____
 Hecho por _____ Fecha _____

DESCRIPCION DEL METODO	ACTUAL	PROPUESTO	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo	ANÁLISIS				OBSERVACIONES	ACCIÓN				
											¿por qué?	¿cómo?	¿cuándo?	¿dónde?		eliminar	combinar	secuenciar	lugar	persona
1			☐	☐	☐	☐	☐													
2			☐	☐	☐	☐	☐													
3			☐	☐	☐	☐	☐													
4			☐	☐	☐	☐	☐													
5			☐	☐	☐	☐	☐													
6			☐	☐	☐	☐	☐													
7			☐	☐	☐	☐	☐													
8			☐	☐	☐	☐	☐													
9			☐	☐	☐	☐	☐													
10			☐	☐	☐	☐	☐													
11			☐	☐	☐	☐	☐													
12			☐	☐	☐	☐	☐													
13			☐	☐	☐	☐	☐													
14			☐	☐	☐	☐	☐													
15			☐	☐	☐	☐	☐													
16			☐	☐	☐	☐	☐													
17			☐	☐	☐	☐	☐													
18			☐	☐	☐	☐	☐													
19			☐	☐	☐	☐	☐													
20			☐	☐	☐	☐	☐													
21			☐	☐	☐	☐	☐													
22			☐	☐	☐	☐	☐													
23			☐	☐	☐	☐	☐													
24			☐	☐	☐	☐	☐													
25			☐	☐	☐	☐	☐													

En la columna de descripción del método, se describen en forma breve pero clara, las actividades en las cuales se ha dividido el proceso estudiado.

b. Columna de símbolos. Sirve para indicar cómo han sido clasificados los diferentes eventos descritos, ya que como se ha dicho antes dicha clasificación es relativa.

c. Distancia en metros. En esta columna se colocan las distancias estimadas para efectuar los transportes.

d. Cantidad. Se especifica la cantidad seguida en relación a cada evento, ya que las mismas pueden variar.

e. Tiempo. Aquí se estima el tiempo que consume cada actividad.

f. Análisis. Esta columna es de gran utilidad en el momento en que se comienza a ver críticamente el proceso. Para cada elemento se marca en dicha columna los aspectos sobre los cuales se hará mayor énfasis.

g. Observaciones. Sirve para ampliar la descripción del evento, si se cree necesario.

h. Acción. Sirve para indicar cuáles acciones se piensa tomar para mejorar el proceso en relación a cada evento.

C. En la parte superior izquierda se hace el Resumen, el cual permite visualizar las cantidades de eventos, los tiempos totales estimados consumidos y las distancias recorridas en los transportes. El Resumen permite comparar el Método Actual con el Propuesto y por lo tanto ayuda a vender la idea.

Variantes del Diagrama del Proceso. Dado que el Diagrama de Proceso sirve básicamente para el análisis de una sola parte componente, si se tienen varios componentes y se desea mostrar como se unen unos a otros, puede hacerse una combinación de Diagrama de Proceso y Diagrama de Operaciones del Proceso, obteniendo un gráfico en el cual se muestra la entrada de material al proceso y la secuencia de operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenajes. Este diagrama sin embargo no permite mostrar todos los detalles como lo hace el Diagrama del Proceso de un sólo componente; por ello se usan conjuntamente.

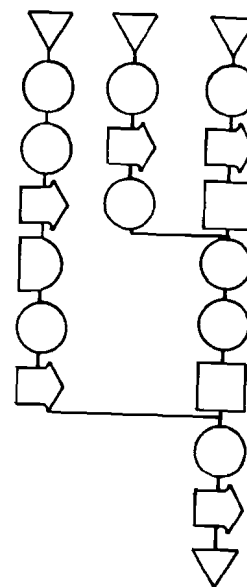
Las combinaciones del Diagrama del Proceso con el Diagrama de Operaciones del Proceso pueden ser del tipo “convergente” o del tipo “divergente”. En los convergentes se produce el agregado o ensamble de varios materiales o partes para constituir un producto. En los divergentes se representa el desmontaje o desagregación de un producto en sus componentes (por ej: el proceso de corte de una res para obtener los diferentes tipos de carne, ver figura 4).

Usos del Diagrama del Proceso.

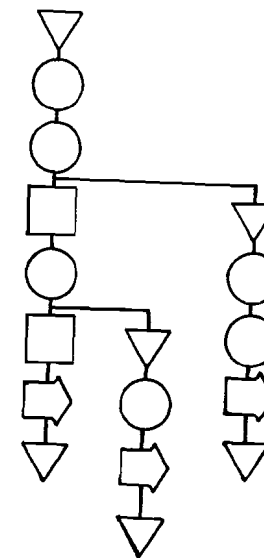
El Diagrama del Proceso, como el D.O.P. no es un fin en sí mismo, sino que constituye un medio para lograr un fin. Es sólo una herramienta de análisis que permite:

1. Mejorar las actividades relacionadas con el manejo de materiales.
2. Obtener una mejor distribución en planta.
3. Hacer más eficiente el almacenamiento.
4. Reducir los tiempos de demora.
5. Poner en evidencia costos ocultos, como los relacionados con los transportes, demoras y almacenamientos.

En la Figura 5 se presenta un ejemplo de Diagrama del Proceso de Elaboración de Pintura.



CONVERGENTE



DIVERGENTE

Pag. 1 de 1

RESUMEN						DIAGRAMA DEL PROCESO										
	Actual	Propuesta	Diferencia													
	No	Tiempo	No	Tiempo	No	Tiempo										
☐ OPERACIONES	5															
☒ TRANSPORTES	5															
☐ INSPECCIONES	1															
☐ DEMORAS	3															
☒ ALMACENAJES	2															
Distancia Recorrida						84	mts		mts		mts					

Nombre del Proceso ELABORACION DE PINTURA										ANÁLISIS										ACCIONES									
										por que?																			
										¿Qué es?																			
										¿Cuándo?																			
										¿Dónde?																			
										¿Cómo?																			
Se inicia en ALMACEN DE MATERIA PRIMA																													
Se termina en ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS																													
Hecho por ARTURO RIOS										Fecha 7-8-72																			

DESCRIPCION DEL METODO	ACTUAL	PROPOSTA	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo	¿Qué es?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?	OBSERVACIONES	Eliminar	Modificar	Sequenciar	Combinar	Repetir	Mejorar
1 ALMACEN DE MATERIA PRIMA	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐								PIGMENTOS Y VEHICULOS						
2 TRANSPORTE A MEZCLADORA	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	15							X MANUALMENTE						
3 MEZCLADO	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
4 DEMORA	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
5 TRANSPORTE A MOLINO	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	12													
6 MOLIENDA	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐							X	REALIZADOS EN VARIOS MOLINOS SEGUN EL GRADO DE DISPERSION DESEADO.						
7 DEMORA	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
8 TRANS. A REDUC. Y MATIZADO	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	14													
9 REDUCCION	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐								SE AGREGA EL RESTO DE COMPONENTES ESPECIFICADOS EN LA FORMULA AJUSTE DEL COLOR.						
10 INSPECCION	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
11 DEMORA	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
12 TRANSPORTE A ENVASADO	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐	13													
13 ENVASADO	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐							X							
14 TRANSPORTE A ALMACEN	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
15 ALM. DE PROD. TERM.	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
16	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
17	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
18	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
19	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
20	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
21	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
22	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
23	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
24	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														
25	☒	☐	☒	☐	☐	☐	☐														

Figura 5

3. DIAGRAMA DE FLUJO O DE RECORRIDO (D.F.)

Es una modalidad del Diagrama del Proceso, que se usa como complemento del mismo. Consiste en un plano del área estudiada, hecho a escala, con sus máquinas y áreas de trabajo guardando la correcta relación entre sí, y representando además todos los obstáculos de la construcción civil. Por las observaciones hechas en el área, se trazan las trayectorias de los desplazamientos de los materiales, piezas, productos u operarios objeto del estudio, utilizando algunas veces los símbolos del Diagrama del Proceso para identificar las actividades que se realizan en los diferentes puntos de parada.

Es un complemento del Diagrama del Proceso, y por lo tanto en él deben seguirse a los mismos elementos que en el Diagrama del Proceso.

Construcción del Diagrama de Flujo.

La construcción del Diagrama de Flujo comienza con el dibujo del plano del área en estudio, a una escala conveniente. Este plano debe contener todos los obstáculos de la Construcción Civil: paredes, columnas, puertas, escaleras, etc. Luego se dibujan las áreas ocupadas por las máquinas, equipos, bancos de trabajo, etc. El recorrido de los elementos que se están siguiendo se trazará con lápiz sobre el plano dibujado. Pueden utilizarse diferentes colores para representar el recorrido de diferentes hombres o materiales.

Cada actividad se identifica con el símbolo y el número que le corresponda en el Diagrama del Proceso. En la Figura 6 se presenta un ejemplo de Diagrama de Flujo realizado para los Clientes de un Supermercado.

Variantes del Diagrama de Flujo.

Quando interesa conocer en forma más o menos precisa las distancias que recorren los elementos referidos en el Diagrama del Proceso, o cuando los elementos hacen su recorrido a través de una construcción civil de varios pisos, subiendo y bajando, pueden utilizarse dos variantes del Diagrama de Flujo que son: El Diagrama de Hilos y el Diagrama Tridimensional de Recorrido.

DIAGRAMA DE FLUJO DE CLIENTES EN UN SUPERMERCADO

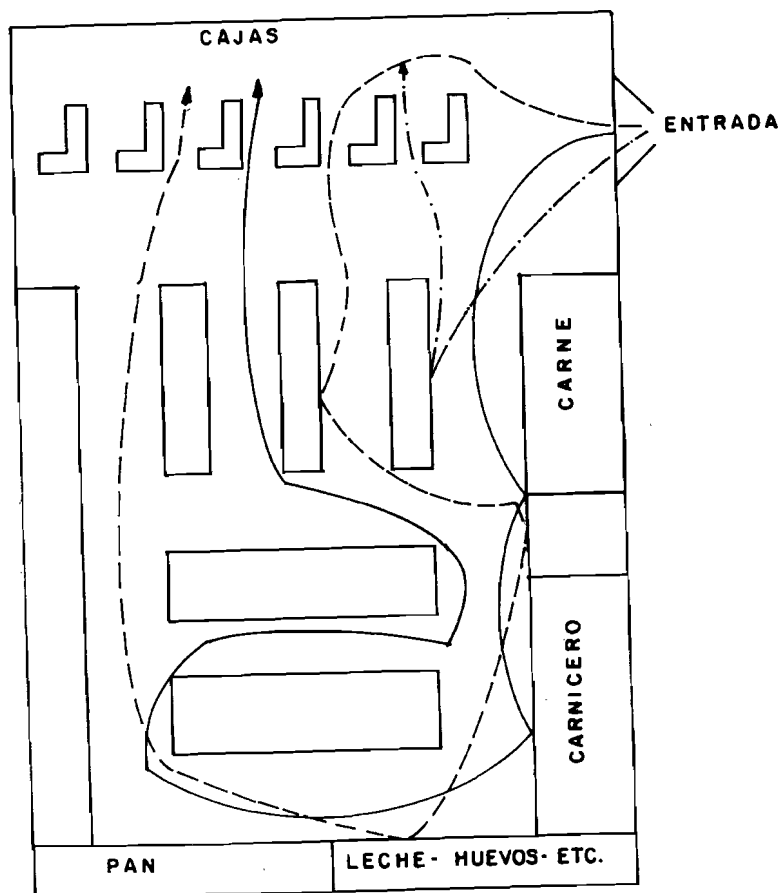


Figura 6

1. Diagrama de Hilos.

Sobre un plano similar al utilizado para el Diagrama de Flujo, se traza el recorrido de los elementos valiéndose de un hilo o de varios hilos de diferentes colores si se sigue a varios elementos. Si el hilo es de longitud conocida y al final se mide la longitud sobrante después de trazar el recorrido, por diferencia, dado que el plano está dibujado a escala, se obtiene la distancia total recorrida por cada elemento. El Diagrama de Hilos es muy útil cuando los elementos efectúan muchos sobrecorridos (realización repetida de una misma trayectoria) y cruces de flujo, los cuales no podrían visualizarse claramente si las trayectorias se dibujaran con lápiz.

2. Diagrama Tridimensional de Recorrido.

Si el flujo de los elementos seguidos tiene que hacerse a través de varios pisos, subiendo y bajando, este Diagrama permite combinar las representaciones correspondientes a cada uno de los pisos, indicando también el flujo vertical. En la Fig. 7 se presenta un ejemplo del Diagrama Tridimensional de Recorrido.

Usos del Diagrama de Flujo y sus variantes.

1. Mediante el Diagrama de Flujo puede iniciarse el desarrollo de una nueva Distribución en Planta.
Para ello se hará necesario mover las áreas destinadas a la ejecución de operaciones, inspecciones, y almacenaje hasta lograr la disposición más conveniente, o sea, la que resulte más económica en cuanto a tiempo empleado y distancia recorrida.
2. El Diagrama de Flujo evidencia los sobrecorridos y los puntos en donde es probable que ocurran congestionamientos de tráfico en un momento dado.
3. Complementa al Diagrama del proceso indicando las trayectorias seguidas en los transportes y los sitios donde están ubicadas las áreas de trabajo. Esto es importante cuando el proceso comprende un área considerable.

DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DE RECORRIDO

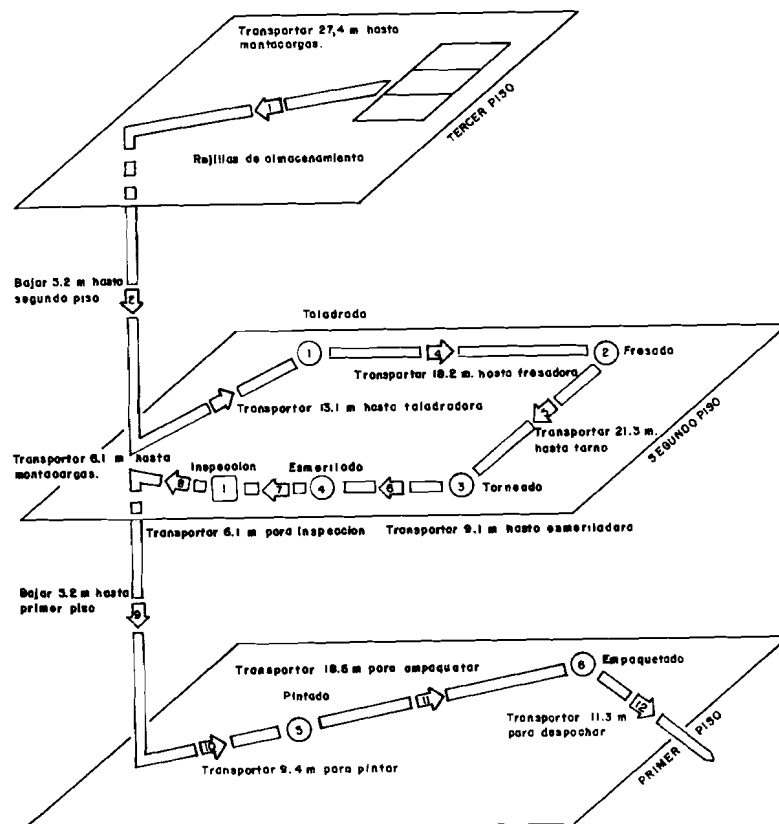


Figura 7

PROBLEMA

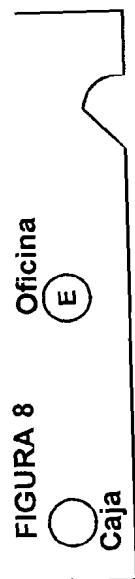
El encargado de una gasolinera está en la oficina cuando llega un vehículo. El encargado se acerca a la ventanilla y pregunta al conductor si desea gasolina. Va al tanque y encontrándolo cerrado regresa a la ventanilla a pedirle la llave al conductor. Va de nuevo hasta el tanque, lo abre y lo llena de gasolina.

Posteriormente va a la parte anterior del vehículo, abre la tapa del motor y revisa el nivel de agua del radiador, va a llenar un pote de agua, regresa y lo vierte en el radiador.

Revisa el nivel de aceite y comprueba que falta medio litro; después de preguntarle al conductor va en busca del aceite y lo vierte en el motor. Revisa el nivel de agua del acumulador, va en busca de agua destilada y la vierte en el acumulador.

Va hasta la ventanilla del conductor, solicita el pago del servicio, va a la caja en busca de cambio, regresa al vehículo y entrega el dinero al conductor y regresa a la Oficina.

Construir el Diagrama de Flujo correspondiente (Ver Figura 8).



Leyenda

- 1, 2 y 3 Bombas de gasolina
4 estante para aceite, agua destilada etc.
5 Agua.
E: Encargado.
Escala: 1:25

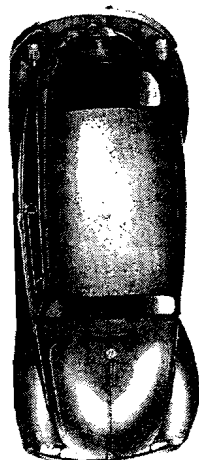
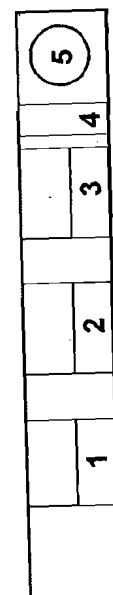


FIGURA 8

III. ANALISIS DE LA OPERACION (25)

Es un procedimiento empleado por el Ingeniero de Métodos para investigar las actividades que AGREGAN y que NO AGREGAN VALOR a una tarea, con la finalidad de tratar de eliminar o reducir al mínimo aquellas que NO AGREGAN VALOR y mejorar aquellas que lo AGREGAN; buscando la eliminación de toda forma de DESPERDICIO.

ELEMENTO QUE AGREGA VALOR O PRODUCTIVO: Es aquel que contribuye directamente al avance del trabajo que constituye el objetivo perseguido por el cliente. Por ejemplo: vender, en una tienda; desbastar material cuando se trabaja con un torno.

ELEMENTO QUE NO AGREGA VALOR, O NO PRODUCTIVO: Es aquel que no es imputable directamente al avance del trabajo (aún cuando puede ser necesario). Por ejemplo: actividades diferentes al vender, en una tienda; posicionar la pieza en el mandril del torno; verificar las medidas de la pieza.

DESPERDICIO: Es cualquier cosa diferente a la cantidad MINIMA de tiempo de la gente, materiales, máquinas, equipos, herramientas, espacio, y gastos que son ABSOLUTAMENTE NECESARIOS para AGREGAR VALOR al producto o servicio.

Cuando analizamos un proceso cualquiera, primeramente deberemos tratar de ELIMINAR los elementos que no agregan valor. Si esto no es posible, veremos la posibilidad de COMBINARLOS, CAMBIARLOS DE POSICION o SIMPLIFICARLOS. Los elementos que agregan valor son considerados, por lo general, posteriormente. Esto es debido a que normalmente son los elementos que no agregan valor los que consumen la mayor proporción del tiempo total (o CICLO) de trabajo. Un caso extremo es el manejo de los equipos de procesamiento electrónico de datos, en los cuales el tiempo de agregar valor (o HACER) es prácticamente despreciable en comparación con el tiempo de PREPARACION o PUESTA A PUNTO.

Procedimiento de aplicación del Análisis de la Operación:

El primer paso es recabar toda la información concerniente al trabajo: volumen de producción esperado, posibilidad de repetir la orden, duración del trabajo, posibilidades de cambio de diseño y contenido de trabajo, para determinar cuánto tiempo y esfuerzo debería emplearse para hacer el Estudio. Si el trabajo promete ser bastante

repetitivo habrá que hacer un Estudio más detallado, posiblemente, que si el volumen de producción es bajo, o si el trabajo no se va a repetir (la profundidad de análisis dependerá también del costo).

A manera indicativa, se presentan a continuación los siguientes conceptos: (22)

Un trabajo es altamente repetitivo por definición, cuando ocurre más de 2.000 veces y necesita más de 1.000 horas-hombre para realizarse. Además se cumple que:

$$\frac{N \times T}{1000} \geq 1 \quad \begin{array}{l} N = N^{\circ} \text{ de partes } (\geq 2000) \\ T = \text{Tiempo de ejecución de cada parte} \end{array}$$

Un trabajo es medianamente repetitivo cuando produce más de 500 piezas por año y dura de 1 a 6 meses. Además:

$$\frac{N_1 \times T}{167} \geq 1 \quad (N_1 \geq 500)$$

Un trabajo es poco repetitivo cuando produce al menos 50 piezas por año y dura de 2 semanas a 1 mes. Además:

$$\frac{N_2 \times T}{80} \geq 1 \quad (N_2 \geq 50)$$

Una vez hechos estos estimados debe recogerse toda la información referente al proceso de manufactura: operaciones y facilidades para realizar las operaciones, todos los transportes, facilidades de transporte y distancias, todas las inspecciones, facilidades y tiempos de inspección. Todos los almacenamientos, facilidades de almacenamiento y tiempo empleado en almacenamiento; todas las operaciones de venta junto con sus precios y todos los planos y especificaciones de diseño. Recogida esta información, debe presentarse en forma adecuada para realizar el Estudio. Una forma ventajosa para la presentación es el Diagrama del Proceso.

Posteriormente se procede a aplicar a cada una de las actividades del proceso, en lo posible, los diez Criterios del Análisis de la Operación:

1. Propósito de la Operación.
2. Diseño de las partes
3. Tolerancias y especificaciones
4. Materiales
5. Procesos de Manufactura
6. Equipos, herramientas y tiempos de preparación
7. Condiciones de trabajo
8. Manejo de Materiales
9. Distribución en planta
10. Principios de Economía de Movimientos

1. PROPOSITO DE LA OPERACION.

Una gran cantidad de actividades integrantes de procesos industriales o de otra índole (oficinas, servicios públicos, hospitales, etc) podrían ser eliminadas si se investigase con la profundidad deseable la finalidad o propósito de las mismas. Muchos procesos van siendo conformados mediante el agregado de nuevas actividades, sin cuestionar la necesidad de sobrevivencia de las previamente existentes.

El primer criterio del Análisis de la Operación: Propósito de la Operación, es siempre aplicable y debe ser considerado en primer término ya que su objetivo es justificar o no la existencia de una actividad dada. Si se demuestra que la presencia de dicha actividad no está justificada, ahorraremos el costo que implica su ejecución, más el que correspondería al esfuerzo y tiempo que se podría dedicar a tratar de mejorarla. La eliminación de una actividad innecesaria, permite utilizar mejor los recursos disponibles.

Una operación innecesaria puede estar formando parte de un proceso debido a lo siguiente:

A. Por una mala planificación inicial del proceso.

Por ejemplo, en una fábrica de pastas alimenticias se realizaba la operación de cortar en chaflán las cuatro esquinas del rectángulo de pasta usado para preparar pasticho o lasagna. Investigado el por qué de dicha operación, se encontró que la misma se venía haciendo para evitar que las puntas rompieran las bolsas en las cuales se empacaba el producto.

También se averiguó que el material del cual se hacían las bolsas originalmente había sido substituido por un material plástico, más resistente. Se hicieron algunas pruebas y se concluyó que no era

necesario, con este material de empaque, realizar la operación de cortado de las esquinas, aprovechando por lo tanto todos los ahorros que ello conllevaba.

En la vida diaria de nuestras ciudades es común observar como las calles y avenidas ya pavimentadas son rotas para introducir servicios tales como cloacas o teléfonos para después volver a pavimentar. Obviamente esto obedece a una falta de planificación inicial.

Algunas veces se hace necesario introducir una operación adicional sencilla para evitar que se origine otra más complicada y más costosa..

B. Para facilitar la operación que sigue.

Algunos tipos de tela requieren del rociado previo con agua para facilitar el aplanchado. Esta operación resulta innecesaria para otras telas.

C. Debido a la inadecuada ejecución de la operación que la precede.

Los empates de los rieles de los cortineros para cortinas livianas se fabrican a partir de láminas galvanizadas de 20 x 5 centímetros a las cuales se les da la forma deseada mediante prensas con troqueles adecuados. La operación se hace en dos etapas: en la primera prensa se realiza un doblado en "U" y en la segunda se aplanan los bordes y se le confiere la forma final a la pieza. Debido a que la operación de aplanado realizada en el troquel es defectuosa, la misma debe ser completada manualmente con un martillo por un operario. Esta operación sería innecesaria si se mejorase el troquelado.

La mayoría de las operaciones de retoque son una consecuencia de la inadecuada realización de la operación que las precede.

D. Porque se piensa que puede dar mejor apariencia al producto

Ciertas piezas de uso interno en máquinas, vienen con un acabado niquelado o cromado innecesario.

En una fabrica de pupitres se logró reducir los costos eliminando la operación de pulir el apoyo del brazo por la parte inferior.

E. Por utilizar equipos y herramientas inadecuados.

Atendiendo al tipo de trabajo y a su repetitividad siempre podrá encontrarse un equipo o una herramienta que permitan realizarlo de la forma más eficiente, reduciéndose el número de operaciones. Por ejemplo:

La utilización de un sistema procesador de palabras en una organización en donde es posible hacer muchas veces modificaciones a un documento básico para obtener uno nuevo, ahorra las operaciones de mecanografiar cada vez todo el documento para introducir las modificaciones pertinentes.

En una empresa de envasado de harina se llenan manualmente las bolsas con el producto. Para ello se utiliza una cuchara cuya capacidad corresponde al 40% del contenido total de la bolsa. Como consecuencia el operario encargado de realizar la actividad tiene que ejecutar hasta tres acciones consecutivas para llenar una bolsa. Por lo menos dos de estas acciones son innecesarias. Bastaría con disponer de una cuchara cuya capacidad sea igual a la cantidad total requerida.

SIEMPRE ES CONVENIENTE ESTUDIAR LA POSIBILIDAD QUE UN PROVEEDOR EXTERNO REALICE LA OPERACIÓN EN FORMA MÁS ECONÓMICA (OUT SOURCING).

2. DISEÑO DE LAS PARTES

Lo que llamamos "progreso" en relación al desarrollo del hombre sobre la tierra, ha sido consecuencia de avances producidos a través de la búsqueda de la simplificación de las cosas inherentes a su vida. Cualquier sistema o producto puede caerse por su propio peso cuando su costo, o complejidad, superan el propósito para el cual han sido diseñados. De aquí que exista la necesidad de hacer una continua revisión de los diseños para comprobar su vigencia respecto a los cambios que puedan haberse producido una vez pasado el tiempo en que se hizo el diseño original.

El Ingeniero de Métodos, debe revisar cada diseño para ver la posibilidad de mejorarlo.

Un diseño más sencillo puede proporcionar grandes ahorros en el costo del producto. Debemos entender que para revisar un diseño no tenemos que ser Ingenieros de Diseño pues nuestra labor será más que todo de cuestionamiento con base en el objetivo perseguido. La pregunta: ¿POR QUÉ? será entonces nuestro mejor instrumento para poder hacer recomendaciones a las especialistas. El Ingeniero Industrial que se desempeña como Ingeniero de Métodos debe pues tener conocimientos generales de mecanismos y ser capaz de hacer bosquejos sobre los cuales basar el diseño especializado. **Pero ante**

todo, debe ser creativo.

Para mejorar el diseño de las partes deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- A. Simplificar el diseño reduciendo el número de partes. Muchas veces el diseño consta de partes no necesarias para la función a cumplir. Mientras mayor sea el número de partes o piezas que tenga el producto mayor será su costo, pues al costo de producir cada parte se le añade también el costo del montaje o ensamblaje.
- B. Facilitar el ensamblaje de las partes de que consta el diseño total, reduciendo el número de operaciones y la longitud de los transportes.
- C. Utilizar un material mejor.
- D. Mantener precisión solamente en Operaciones claves.

3. TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES.

Tolerancia: Es el margen entre la calidad lograda en la producción y la diseñada.

Especificaciones: Es el conjunto de normas o requerimientos impuestos al proceso para adecuar el producto terminado respecto al diseñado.

Este punto, tan relacionado con la calidad (Satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes) es de primordial importancia en las empresas que hoy en día se consideran en la vía de alcanzar la denominación de "Empresa de Categoría Mundial". En efecto, los japoneses han echado por tierra una serie de "Paradigmas" demostrando que sí es posible obtener una producción libre de defectos (Lean Production). Ya en estas empresas hablar de un 1% de defectos se considera demasiado elevado, sabiendo que corresponde a 10.000 p.p.m o 10.000.000 p.p.b (en la tabla de la Distribución Normal, esto equivale a $\pm 2,6$ sigmas. En las Empresas de Categoría Mundial se establece como meta alcanzar una calidad igual a más o menos seis sigmas; es decir, 99,9999998, o 0,002 p.p.m de defectos a través de aproximaciones sucesivas y sabiendo que no hay límite en cuanto al mejoramiento continuo de los procesos.

La calidad en el Japón ha evolucionado a partir de los años 50

pasando por la aplicación de métodos de Inspección, Control Estadístico de Procesos (C.E.P.), Taguchi y Poka Yoke.

La inspección, sabemos, es una verificación de la cantidad, las dimensiones o la ejecución. Para todos estos casos existen numerosos procedimientos y técnicas disponibles. Sin embargo, la inspección realizada por el hombre no está exenta de errores. Por el contrario, es muy susceptible a los mismos. La tarea de un inspector se ve afectada por condiciones de trabajo tales como iluminación, ventilación, temperatura y además por otros factores tales como la fatiga, el aburrimiento, el aislamiento, las interrupciones, etc. También influye lo que se conoce como Expectativa: si un elemento se repite muchas veces, es de humanos predecir su próxima ocurrencia. Por lo tanto un inspector puede aceptar partes defectuosas o rechazar partes buenas en función de lo que se ha venido repitiendo. Debido a esto está comprobado que la inspección 100% realizada por el hombre no garantiza la calidad en 100%. Debido a ello se recurrió a otras técnicas, con la posibilidad de preasignar una calidad como son la Inspección Puntual, la Inspección por Lote y el Control de Calidad Estadístico (o Control Estadístico de Procesos). LA INSPECCION PUNTUAL ES UNA VERIFICACION PERIODICA PARA ASEGURARSE DE QUE SE ESTAN OBTENIENDO LOS ESTANDARES DEBIDOS.

LA INSPECCION POR LOTE CONSISTE EN EXAMINAR UNA MUESTRA PARA DETERMINAR SU CALIDAD. EL TAMAÑO DE LA MUESTRA DEPENDE DEL PORCENTAJE DE DEFECTOS PERMISIBLES Y DEL TAMAÑO DEL LOTE DE PRODUCCION.

EL CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO ES UNA HERRAMIENTA UTILIZADA PARA CONTROLAR EL NIVEL DE CALIDAD DESEADO EN EL PROCESO.

LA TECNICA TAGUCHI ES UNA MODALIDAD DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS.

De acuerdo con el autor Shigeo Shingo: No tiene sentido inspeccionar los artículos al final del proceso. Dado que los defectos se originan durante el proceso, al hacerlo así lo que logramos es descubrirlos. Deben utilizarse entonces métodos de proceso que prevengan los defectos para que no ocurran. Al encontrar un defecto, entonces debe enviarse información hacia atrás, hasta el punto del proceso que debe corregirse. En cualquier circunstancia, es un hecho inalterable que los procesos producen defectos y que todo lo que las

inspecciones pueden hacer es encontrar esos defectos. Esta es la razón por la cual tratar el problema sólo en la fase de inspección es un sin sentido.

Todavía es común la creencia de que los problemas de calidad generalmente son imputables al trabajador y peor aún, la solución en la cual se piensa consiste en incrementar la inspección manual pero incluyendo métodos estadísticos. Modernamente se ha aceptado que virtualmente todos los problemas de calidad pueden ser eliminados mejorando las especificaciones de diseño y utilizando equipos, dispositivos, herramientas, especialmente diseñados para impedir la producción con defectos o para rechazar automáticamente cualquier unidad defectuosa producida. Estos dispositivos son llamados Poka Yoke por los japoneses (A prueba de error).

Los sistemas Poka Yoke se basan en el reconocimiento de que las personas, después de todo, son sólo seres humanos y como tales en ciertas ocasiones inadvertidamente olvidan cosas. Por lo tanto es más efectivo incorporar una lista de chequeo o Poka Yoke en la operación de forma tal que si el operario olvida algo, el dispositivo señalará el hecho y por lo tanto se prevendrá la ocurrencia de defectos.

En general la Tolerancias y Especificaciones pueden investigarse a través de las siguientes preguntas:

- A. ¿Son absolutamente correctas para satisfacer las necesidades del cliente?
- B. ¿Se utilizan las técnicas modernas de Control de Calidad?

4. MATERIALES

Este criterio induce a revisar con ojo analítico los materiales directos e indirectos relacionados con el proceso bajo estudio. Constantemente se desarrollan nuevos materiales cuyas propiedades y costo justifican su selección por sobre otros materiales ya existentes. Por ejemplo hoy en día muchos envases se fabrican de plástico en lugar de vidrio o metal; el rayón, el poliéster, el acetato y otras fibras sintéticas han reemplazado en gran cantidad de casos las fibras naturales como la seda o el algodón. El desarrollo de nuevos procesos está normalmente asociado con la utilización de nuevos materiales. El Ingeniero de Métodos debe ser capaz de decidir cuando un material deja de ser el más indicado para el trabajo a realizar; por ello es

necesario que posea conocimientos sobre los materiales disponibles, sus propiedades y su costo.

Desde el punto de vista de los materiales, hay seis consideraciones que deben tomarse en cuenta, las cuales son:

- A. Encontrar el material más barato.
- B. Encontrar un material más fácil de procesar.
- C. Uso económico de los materiales.
- D. Utilizar el material de desecho.
- E. Uso económico de herramientas y suministros.
- F. Estandarizar los materiales.

A. Encontrar el material más barato.

Los precios de los diferentes materiales existentes se pueden obtener en catálogos y revistas especializadas. Usualmente es posible encontrar un material que poseyendo las mismas propiedades de aquel que ha venido siendo utilizado, sea más económico.

Los plásticos, por ejemplo, compiten favorablemente en la actualidad con los metales, la madera y el vidrio, el aluminio con la hojalata, etc. Las antiguas bañeras de hierro han sido prácticamente substituidas por las de plástico revestido con fibra de vidrio.

La fórmica, el tablopán y otros aglomerados de madera son materiales de uso común hoy en día en reemplazo de otros más costosos como la madera. Las teclas de los pianos son hechas de acrílicos en lugar de marfil. La melamina se usa en lugar del vidrio para hacer vajillas. La suela de algunos zapatos está hecha de neopreno. Aún en el campo alimenticio vemos como se está extendiendo el consumo de la soya como sustituto de la carne.

B. Encontrar un material más fácil de procesar.

La selección de un material, o su substitución por otro, está influenciada por el tipo de procesamiento que requiere para su paso desde el estado de materia prima hasta el estado de producto elaborado o semielaborado. Es tal la variedad de materiales disponibles hoy en día que para seleccionar uno de ellos hay que agregar como variables a evaluar, además de las propiedades y del costo, su disponibilidad y la facilidad con que pueda trabajarse. Ejemplo de esto lo vemos en el pavimento de las calles, que ha pasado de piedras, a adoquines y de

cemento a asfalto.

C. Uso económico de los materiales

El uso económico de los materiales permite eliminar o reducir los desperdicios.

Los desperdicios de material forman parte del costo del producto o del servicio. Si por ejemplo obtenemos la materia en barras de 10 metros de largo, de las cuales tenemos que cortar otras de tres metros de largo cada una, estaríamos obteniendo un desperdicio de un metro de material por cada tres barras cortadas. Esto podría eliminarse si el proveedor del material nos suministra la materia prima en longitudes múltiples de tres metros.

Si estamos produciendo por troquelado piezas cuya materia prima es provista en forma de láminas cortadas, podríamos averiguar la posibilidad de obtener dicho material en rollos para reducir el desperdicio. Para producir por moldeado, conviene medir la cantidad de materia prima a utilizar.

D. Utilizar el material de desecho.

En algunos casos es imposible eliminar por completo el desperdicio. En esta situación puede investigarse la posibilidad de obtener un subproducto a partir del desperdicio o de que se provea un servicio necesario para la empresa a cambio de ellos.

Hay industrias que se basan en la reutilización de desperdicios. Por ejemplo se fabrican lingotes de aluminio reciclando las latas de refrescos y de cerveza. Existen procesos para convertir las botellas desechadas de tereftalato de polietileno en nódulos con pureza casi igual al material original, para ser utilizados en aplicaciones técnicas, industriales y de envasado (cada 20.000 botellas de un litro proporcionan aproximadamente una tonelada de polímero utilizable). El papel o cartón de desecho también es reutilizado.

Las fábricas pequeñas de productos como lejía, aguardiente, etc. utilizan botellas usadas.

Las cajas de madera donde vienen embaladas algunas partes del producto, pueden servir para hacer mesas, o cajas de menor tamaño para guardar herramientas, bancos, etc.

E. Uso económico de herramientas y suministros.

Es bastante significativo el ahorro que puede lograrse mediante la racionalización en el consumo de herramientas y suministros. En muchas oficinas, por ejemplo, vemos como no hay control en cuanto al consumo de papel o de lápices. Para hacer un "garabato", se utiliza una hoja limpia y muchas veces hasta un nuevo lápiz porque el que se tenía se perdió.

Las hojas usadas pueden utilizarse por su parte posterior para hacer esos "garabatos" y controlar la cantidad de lápices que se suministra a cada persona. Lo mismo puede decirse con respecto a engrapadoras, borradores, carpetas, etc.

Si una herramienta puede afilarse, no debe botarse porque el filo se desgastó. Los guantes industriales muy sucios pueden lavarse.

F. Estandarizar los materiales

La estandarización es el proceso de establecer especificaciones básicas para un conjunto de características de un producto. Estas características pueden ser forma, tamaño, color, etc.

El uso de componentes y materiales estándar es más económico. Los tamaños, formas y calidades deben minimizarse en cuanto a variedad. A través de la estandarización se reducen los espacios necesarios para almacenamiento, se facilita la inspección y se disminuye el papeleo.

5. PROCESOS DE MANUFACTURA

El conocimiento de las máquinas y de los procesos es un imperativo cuando se pretende mejorar los métodos de trabajo y reducir los costos; pero así como existe una gran variedad de materiales disponibles para diseñar una pieza, también hay un gran número de procesos de manufactura entre los cuales escoger cuando se planifica su producción. Constantemente se desarrollan procesos nuevos y mejorados, por lo tanto ningún Analista de Métodos puede esperar conocer a fondo cada proceso y estar informado sobre las diferentes operaciones del equipo, sus limitaciones en cuanto a tolerancias, capacidades y aplicaciones varias. Sin embargo, si tiene en su mente los fundamentos básicos podrá encontrar mejoras a los procesos que se realizan dentro de la organización. Agrupando los procesos bajo principios y requerimientos fundamentales puede entenderse toda una

gama de ellos sin necesidad de conocer las características detalladas de construcción del equipo de procesamiento. Para el Ingeniero de Métodos es fundamental el costo asociado a cada proceso.

La mayoría de los procesos de manufactura pueden agruparse en tres categorías básicas: Moldeado; Maquinado y Ensamblaje. El objetivo de cada una es el mismo: cambiar la forma o las características físicas del material original.

La selección de un tipo de proceso depende de factores tales como la calidad deseada, el costo en el cual se incurre y la cantidad a ser producida.

Aún cuando una parte pueda ser producida por varios métodos, siempre habrá uno mejor para satisfacer las restricciones y el conjunto de variables que se consideren.

Cuestionando e investigando sistemáticamente los procesos de manufactura pueden desarrollarse métodos nuevos y mejores.

Es conveniente adoptar la filosofía: **NO EXISTE LA MEJOR FORMA DE REALIZAR UN TRABAJO. SIEMPRE HAY UNA MANERA MEJOR.**

Desde el punto de vista de mejorar los procesos de manufactura, hay que considerar los siguientes aspectos:

- A. Cuando se modifica una operación, considerar los efectos que ello tiene sobre otras operaciones.
- B. Mecanizar las operaciones manuales.
- C. Utilizar facilidades más eficientes para realizar las operaciones mecanizadas.
- D. Operar las facilidades mecánicas en la forma más eficiente.

A. Efecto de la modificación de una operación.

Dado que la operación forma parte de un proceso, debe estudiarse las consecuencias que cualquier cambio en relación con dicha operación acarrea sobre las actividades que la preceden y que la suceden. Estos cambios pueden referirse a eliminar, combinar, cambiar de posición o mejorar la operación. Puede ocurrir que una modificación en una operación vaya en detrimento del resto del proceso. Conviene entonces adoptar un enfoque de sistemas para evitar las suboptimizaciones.

B. Mecanizar las operaciones manuales.

En los países donde abunda la mano de obra relativamente barata, donde se promueva la creación de empresas absorbedoras de mano de obra antes que las absorbedoras de capital, la intención de este criterio debe tomarse como una forma de incrementar la productividad de la mano de obra a través del diseño de dispositivos que faciliten la ejecución de la tarea haciéndola menos pesada para el operario, proponiendo la utilización de herramientas eléctricas, neumáticas, etc.

C. Utilizar facilidades mecánicas más eficientes

Dependiendo de la repetitividad de la tarea, siempre será posible encontrar un medio mecánico que permita incrementar su eficiencia. Por ejemplo en el trabajo de oficina pueden apreciarse las etapas por las cuales se ha pasado; comenzando con el uso del papel y la pluma, luego la introducción de la máquina de escribir, de los procesos de fotocopiado y en la actualidad las microprocesadoras. Cada una de estas etapas ha significado un avance en cuanto a eficiencia se refiere.

D. Operar las facilidades en la forma más eficiente.

El mantenimiento adecuado de las facilidades y su operación de acuerdo con las normas indicadas por el fabricante en cuanto a velocidades, voltaje, refrigerantes, condiciones ambientales, etc. permitirán su eficiente utilización.

6. EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y TIEMPOS DE PREPARACION

Por Preparación o Puesta a Punto entenderemos, en términos generales, las actividades relacionadas con el alistamiento previo a la ejecución del trabajo, tal como obtener planos e instrucciones, buscar el material, afilar las herramientas, cambiar herramientas, troqueles, etc. y también aquellas asociadas al retiro como son: desmontar la parte procesada, limpiar la estación de trabajo, almacenar temporalmente la pieza, etc. La preparación no es una actividad productiva (es un desperdicio) por cuanto no contribuye directamente al logro del objetivo perseguido.

El enfoque de Calidad Total considera que debe tenerse como objetivo reducir a cero el tiempo de Preparación o Puesta a Punto.

Shigeo Shingo ha demostrado que preparaciones que anteriormente tomaban días pueden ser realizadas en pocos minutos. Básicamente esto ha sido logrado diferenciando lo que es una Preparación Interna de una Externa.

Shingo ha desarrollado el sistema SMED (Single Minute Exchange of Dies) término que se refiere a la teoría y técnicas para llevar a cabo operaciones de puesta a punto en menos de 10 minutos: es decir una cantidad de minutos expresada en un sólo dígito entero.

Después de lograr las mejoras inducidas por el SMED, el próximo paso es el OTED (One touch exchange of dies) es decir, hacer los cambios para poner a punto en menos de un minuto.

La Puesta a Punto Interna comprende aquellas actividades que DEBEN realizarse cuando la máquina no esté en funcionamiento.

La Puesta a Punto Externa comprende la actividades que PUE- DEN realizarse mientras la máquina está funcionando.

En las preparaciones tradicionales se confunden las porciones Interna con Externa; lo que podría hacerse externamente se hace internamente y las máquinas por lo tanto permanecen en ocio durante largos períodos.

Para aplicar el SMED hay que estudiar detalladamente las condiciones que prevalecen en la planta. La mejor forma de hacerlo quizás es con un Análisis Continuo de producción utilizando el cronómetro. Este tipo de análisis sin embargo toma mucho tiempo y requiere gran habilidad. Otra posibilidad es utilizar el Muestreo de Trabajo. El problema con esta técnica es que las muestras son precisas sólomente cuando hay mucha repetición, por lo cual el Estudio no será adecuado en los casos en que sólo pocas actividades se repiten. Otra alternativa para estudiar la Situación Actual es mediante entrevistas a los trabajadores. Un método aún mejor es grabar en video la totalidad de la operación de Puesta a Punto.

A menudo bastará con observaciones informales y discusión con los trabajadores.

Las etapas conceptuales del proceso de mejoramiento de la Preparación son las siguientes:

1. Separar Preparaciones Internas y Externas. Este es el paso más importante.

2. Convertir Preparaciones Internas en Externas. Por ejemplo; convertir el centrado de la pieza en una actividad externa realizada antes de comenzar a producir.

3. Mejorar cada elemento Interno o Externo.

Las herramientas, los dispositivos de fijación y las planillas facilitan la ejecución de la Preparación y en algunas ocasiones eliminan actividades contenidas en ella.

Las etapas 2 y 3 no tienen que ser realizadas en secuencia: pueden hacerse simultáneamente.

El criterio "Equipos, herramientas y tiempos de preparación", enfoca la investigación desde tres puntos de vista:

- A. Reducir el tiempo de preparación mediante un mejor Control de Producción.

- B. Diseñar herramientas que permitan utilizar las máquinas a plena capacidad.

- C. Introducir herramientas más eficientes.

- A. Reducir el tiempo de preparación, mejorando el Control de Producción.

El Control de Producción consiste en la regulación y coordinación de las actividades de producción de acuerdo con los planes a fin de cumplir con fechas preestablecidas. Sus cuatro funciones básicas son:

Planificación

Programación

Lanzamiento

Rastreo

La Planificación permite determinar dónde y con cuales recursos deberá hacerse el trabajo.

La Programación coordina la producción en el tiempo antes de su ejecución.

El Lanzamiento (o despacho) consiste en la emisión de las autorizaciones para iniciar la producción.

El Rastreo verifica si se están cumpliendo los planes y el programa.

El operario especializado no debe abandonar su sitio de trabajo para realizar labores que no están relacionadas directamente con la porción productiva del trabajo. La obtención de materiales, el afilar herramientas, o llevar partes terminadas al almacén, pueden ser asignadas a personal no especializado.

Cualquier interrupción en la ejecución de la tarea debido a una falla del Control de la Producción, sea por ejemplo que no haya disponible material para procesar o que faltó algún otro recurso, estará incrementando innecesariamente los costos.

La función de Lanzamiento debe garantizar que todos los recursos estén disponibles en el momento y en el sitio indicados para comenzar a producir.

La Programación correcta de la producción permite reducir el tiempo de preparación. Por ejemplo, si tenemos que producir en un sólo taladro una pieza que lleva dos perforaciones de diámetros diferentes, debemos programar la producción para taladrar en forma sucesiva todos los diámetros iguales. De esta manera se evita el estar constantemente cambiando de broca.

B. Diseñar herramientas que permitan utilizar las máquinas a plena capacidad.

Si no se utiliza la maquinaria a su plena capacidad, se está derrochando dinero y su efecto es la elevación de los costos. Un principio que debe asumirse a este respecto es tratar de "obtener dos en el mismo tiempo en que se obtendría uno". El diseño de algunas herramientas ayuda a que ésto se logre.

C. Introducir herramientas más eficientes.

Cada herramienta tiene su propósito, y constantemente se están desarrollando nuevas más eficientes y eficaces. El escoger la herramienta apropiada permite efectuar la tarea de forma más segura y más económica.

7. CONDICIONES DE TRABAJO

En este criterio se engloban las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, circulación del aire, iluminación, color y ruido) además de otras como mantenimiento de orden, seguridad e higiene. Muchas de estas áreas han sido investigadas científicamente y son

bien conocidos sus efectos sobre el desempeño del operario. En algunos casos ciertas condiciones reducen directamente la productividad. En otras, el efecto puede ser indirecto, tal como disminución de la moral del trabajador, lo cual a la larga originará una disminución en la producción.

El hombre, como elemento primordial integrante de todos los sistemas productivos está recibiendo cada día más y, más atención y debido a ello ha surgido una ciencia aplicada que se basa en la Ingeniería y en las Ciencias de la Salud: la Ergonomía o Ingeniería Humana, que estudia la relación existente entre el hombre y el medio en el cual trabaja aplicando conocimientos de Ingeniería, Anatomía, Psicología, Fisiología etc. La función de la Ergonomía es adaptar el trabajo al hombre no sólo para evitar peligros y hacer el trabajo más eficiente, sino también para aumentar las satisfacciones de los trabajadores y reducir la fatiga.

Para mejorar las condiciones de trabajo deben tenerse en cuenta algunas consideraciones tales como:

- A. Mejorar la iluminación
- B. Controlar la temperatura, humedad y ventilación
- C. Control de ruidos
- D. Promover el orden y la limpieza
- E. Proporcionar dispositivos para la eliminación de polvos, gases, nieblas, etc.
- F. Instalar resguardos en los sitios de transmisión de potencia.
- G. Proveer cuando sea necesario equipo personal de protección.
- H. Patrocinar un buen programa de primeros auxilios.

A. Mejorar la iluminación.

La iluminación insuficiente no solamente es causa de errores y accidentes, sino que puede también ser perjudicial para la vista de las personas, produciendo fatiga visual y nerviosa. La fatiga visual se manifiesta por irritación, lagrimeo, conjuntivitis, visión doble, dolor de cabeza y disminución de la capacidad de percepción. La fatiga nerviosa ocurre cuando se realizan trabajos que demandan de mucha percepción, concentración, control motriz y que requieran de movimientos muy precisos. Se manifiesta por la elevación del tiempo de respuesta

a los estímulos, movimientos más lentos y perturbaciones de tipo psicológico.

Una buena iluminación puede incrementar fácilmente la producción. La iluminación adecuada depende del tipo de tarea a realizar, de la velocidad y precisión con que debe ser hecha, y de su duración. Los trabajos que requieren que se observen detalles, tales como leer instrucciones, verificar calidad, etc. necesitan de un alto nivel de iluminación. Otros factores a considerar en el diseño de los sistemas de iluminación incluyen: la iluminación uniforme del objeto, el contraste, la calidad y el color de la fuente luminosa y el brillo.

Algunas recomendaciones con respecto a la iluminación son:

- La luz fluorescente es más eficiente que la de bombillos incandescentes y proporciona tres o cuatro veces más luz, consumiendo la misma cantidad de electricidad. Además es preferible en aquellos casos en los cuales haya que identificar colores.
- Tratar de reducir el brillo de la luz para evitar el encandilamiento. Para ello es conveniente utilizar varias fuentes de luz para obtener la intensidad total requerida, en lugar de una sola fuente de gran intensidad.
- Situar las fuentes de luz de forma tal que impidan la generación de sombras (sobre todo en labores de inspección y trabajos de oficina).
- Eliminar el "parpadeo" o titilar de la luz.

COLOR. El color y la iluminación están estrechamente relacionados. Los colores pueden crear condiciones para reducir la fatiga, mejorar la moral y reducir la productividad. Con el color adecuado pueden también reducirse los accidentes. El contraste se utiliza para reducir la fatiga visual y facilitar la visión de los objetivos. Los efectos psicológicos de los colores se deben a razones físicas y de ilusión óptica. Los efectos más importantes se refieren a distancias, temperaturas y ciertas emociones. Cuando los objetos y sus alrededores son del mismo color, o del mismo tono, la persona tiene que forzar su visión para separar un objeto de sus alrededores. Esto puede ser causa de accidentes y de bajo rendimiento. El contraste se logra usando un color claro con una versión más oscura del mismo color; con un color cálido en combinación con uno frío; o con un color y su complementario (por ejemplo anaranjado y azul gris, rosado y verde

pálido claro).

Mucho contraste es tan perjudicial como la inexistencia de contraste. Los colores cálidos (rojos, anaranjados) tienden a cansar más rápidamente la visión. Los colores fríos (azul, verde) producen mejor efecto sobre los ojos, como también los grisáceos (en lugar del blanco puro o el verde puro).

El color puede jugar parte importante en las reacciones emocionales; por ejemplo se obtiene una sensación de calidez y acercamiento con los colores rojo, anaranjado o amarillo; sensación de frescura y sosiego con azules, verdes y violetas; mayor espacio con blanco o azul claro, confinamiento con colores oscuros. Con los colores también se obtiene sugerencia de acción o de falta de movimiento. Los brillantes, tales como el rojo, anaranjado y amarillo parecen avanzar, y se usan para llamar la atención hacia señales o áreas de peligro. Los colores claros parecen retroceder y se usan frecuentemente para hacer pasar desapercibidos objetos indeseables a la vista tales como ductos o tuberías. Un objeto puede aparentar ser más grande si se pinta de amarillo o de blanco.

B. Controlar la temperatura, la humedad y la ventilación.

La sensación de confort termodinámico depende principalmente de la combinación de temperatura del aire con humedad relativa y ventilación a la cual está expuesta la persona. La temperatura de las paredes, techos, pisos y objetos en la habitación es también importante cuando difiere notablemente de la temperatura del aire.

La temperatura varía en las diferentes partes del cuerpo humano. En el núcleo, constituido por el interior del cerebro, corazón y órganos abdominales, dicha temperatura es aproximadamente constante, de alrededor de 37°C, con muy pequeñas fluctuaciones. La de la piel, brazos y músculos, puede variar entre 35 y 36°C.

El tipo de trabajo realizado ocasiona variaciones en la temperatura del cuerpo. Para mantener una temperatura de núcleo constante, el cuerpo humano se vale de mecanismos de control tales como el suministro de sangre hacia la piel, la secreción de sudor o el escalofrío.

El intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente obedece a las leyes termodinámicas, y puede ser por conducción, convección, evaporación, o radiación.

La transferencia de calor por conducción depende de la capacidad

de conducción de los materiales que se pongan en contacto con la piel. Tiene importancia entonces en relación con los materiales del piso, de los asientos, palancas, controles, etc.

La transferencia por convección depende del gradiente de temperatura entre la piel y el aire que la rodea y del movimiento del aire.

La transferencia de calor por evaporación depende del calor requerido para evaporar el sudor de la superficie de la piel. La humedad relativa de la atmósfera afecta la rata de evaporación.

La transferencia por radiación ocurre entre el cuerpo humano y las paredes u objetos que entre ellos puedan irradiar o absorber calor.

Los efectos de la temperatura sobre el desempeño humano dependen de la edad, el sexo, la cantidad y tipo de ropa usada y la clase de actividad que se realiza. No existe una temperatura óptima recomendable para todas las situaciones. Las personas de edad avanzada prefieren temperaturas ligeramente más altas que las más jóvenes. Una persona que efectúe trabajo físico pesado puede sentirse confortable en un ambiente frío, mientras que una que haga trabajo sedentario sentiría frío en el mismo ambiente.

Uno de los métodos más económicos para resolver el problema de alta temperatura y alta humedad es por medio de la ventilación. La ventilación es el proceso de introducir aire a algún espacio a través de medios naturales o mecánicos. Cuando se dice que este aire es acondicionado es porque se han regulado ciertos factores tales como temperatura, humedad, movimientos del aire, polvos, olores, gases tóxicos, etc

La composición del aire en una habitación ocupada puede alterarse debido a los siguientes hechos:

- Sustancias orgánicas y olores provenientes de las personas y sus ropas.
- Aumento del contenido de vapor de agua debido al aire expirado por las personas y el sudor evaporado de la piel.
- Incremento de la cantidad de anhídrido carbónico.
- Disminución de la cantidad de oxígeno.
- Calor generado por los focos vitales del ser humano, lo cual contribuye a aumentar la temperatura.

Los requerimientos de ventilación generalmente se establecen para proveer una cierta cantidad de pies cúbicos de aire fresco por minuto y por pie cuadrado de espacio de piso. Por ejemplo, en un sitio de trabajo que no contenga piezas de equipos a altas temperaturas o que produzcan humedad, sería suficiente una rata de un pie cúbico por minuto y por pie cuadrado. Si el sitio contiene muchos equipos que producen calor o humedad, deben suministrarse cuatro o cinco pies cúbicos de aire fresco por minuto por pie cuadrado de piso. Para condiciones extremas de alta temperatura y humedad la solución adecuada será el aire acondicionado, con el cual puede incrementarse la productividad del trabajador entre cinco y quince por ciento.

Las temperaturas elevadas originan cansancio y somnolencia, reduciendo la capacidad de trabajo e incrementando la frecuencia de cometimiento de errores, la fatiga, las pulsaciones y la presión sanguínea; disminuyendo la actividad de los órganos digestivos.

C. Control de ruidos.

El ruido ha sido definido como un sonido indeseable, incómodo. El sonido tiene tres características que son: la frecuencia, el timbre y la intensidad.

La frecuencia se refiere a los cambios de presión por unidad de tiempo y se expresa en ciclos por segundo.

El timbre permite diferenciar un sonido de otro; por ejemplo la nota "sol" tocada con una trompeta y en un piano.

La intensidad es una medida de la potencia del sonido.

El oído es sensible a las tres características del sonido. Un adulto joven puede percibir sonidos cuyas frecuencias estén entre 20 y 20.000 ciclos por segundo, pero no responde igualmente a todos ellos.

La unidad de medida de la intensidad del sonido es el Decibel (dB) el cual no representa intensidad física absoluta sino que es más bien un índice de la intensidad relativa o aparente para nuestro sistema auditivo.

Un sonido de intensidad I_c es más intenso en N decibeles que un sonido de intensidad equivalente a la mínima perceptible I_o , si se cumple la expresión:

$$N = \log. \frac{I_c}{I_o}$$

El nivel mínimo auditivo o nivel de referencia se ha determinado como un campo sonoro de intensidad tal que produzca sobre una superficie una presión de 0.0002 dinas / cm². En la escala de medición esto correspondería a cero decibeles.

Un decibel es el sonido mínimo perceptible por el oído humano, y el máximo 140 decibeles. Una conversación en voz baja corresponde a un nivel de 40 dB; un tono de voz normal a 55/60 dB. El límite de sensación dolorosa está dado por 130 dB.

Una proporción considerable de las máquinas industriales se halla por sobre el nivel de 90 dB, el cual representa una intensidad que empieza a causar daños permanentes al oído.

Los niveles sonoros recomendables son de 35 dB para los hospitales, 45 para las oficinas y de 50 a 80 para las plantas industriales.

Si la exposición es continua por ocho horas y el sonido es razonablemente constante, el nivel del ruido no debe exceder los 90 dB; si la exposición es por un cuarto de hora el nivel máximo es de 105 dB.

Muchas investigaciones han sido hechas en relación con el efecto del ruido sobre la eficiencia del trabajador. Los ruidos altos (80-90 dB) son indeseables porque ocasionan distracciones, errores, y reducción del desempeño. Otros estudios indican que la mayoría de las personas pueden adaptarse a un nivel de ruido moderado (50-60 dB) sin disminuir su productividad.

Las personas expuestas a niveles de ruido continuos y muy altos pueden sufrir de pérdida temporal o permanente de la audición.

Las peleas y desórdenes de los trabajadores a menudo pueden atribuirse a ruidos perturbadores de la conducta, los cuales causan un estado neurasténico.

El trabajar con silencio absoluto es tan perjudicial como trabajar en un ambiente ruidoso. Un nivel moderado de ruido produce una sensación de actividad.

El ruido puede controlarse eliminándolo directamente en su origen, aislando las áreas o máquinas ruidosas; instalando silenciadores y aislantes acústicos; cambiando las máquinas o los procesos y proporcionando equipo de protección personal.

MUSICA DURANTE EL TRABAJO

Algunos experimentos han demostrado que es posible incrementar la productividad de cierto tipo de tareas a través del efecto que tiene utilizar música apropiada. La música emitida no debe provocar distracción excesiva a los trabajadores; debe ser melodiosa y poco complicada, sin disonancias demasiado acentuadas; nivel de sonido medio, constante; reconocible; ritmo uniforme y mantenido y que no influya sobre el ritmo de trabajo. La transmisión hay que hacerla en forma intermitente. Es necesario explicar a los trabajadores que la música se instala para mejorar su ambiente de trabajo.

D. Promover orden y limpieza en el trabajo

El mantenimiento de buenas condiciones de trabajo permite conservar la salud de los trabajadores y aumentar la eficiencia. El ambiente limpio permite conservar también limpia la mente para pensar. Junto con las condiciones en cuestión hay que considerar también aspectos tales como garantizar el abastecimiento de agua potable, proveer instalaciones sanitarias adecuadas, comedores limpios para todos, etc.

El orden y la limpieza elevan la moral del trabajador y a la vez disminuyen los riesgos de incendio y de otros accidentes. También permiten una mejor utilización del espacio disponible. El desorden incrementa el tiempo improductivo. Si se dispone de sitios fijos para colocar las herramientas, los dispositivos y los materiales, se reducirá el tiempo empleado en buscarlos. Por ejemplo, las herramientas pueden colocarse en paneles de cartón perforado en los cuales se dibujan sus siluetas. De esta forma se sabrá cuál es el sitio que les corresponde y si están o no disponibles en el momento en que se requieren.

El orden y la limpieza incluyen el almacenaje de las herramientas de manera segura y adecuada, la limpieza del piso, de las máquinas, de las ventanas y de las lámparas para prevenir la acumulación de polvo sobre ellos. Para mantener el equipo y el área de trabajo en buenas condiciones de orden y limpieza, hay que EDUCAR al trabajador. Los japoneses tienen nueve palabras en relación con el orden y la limpieza:

SEIRI:	Decidir lo que se necesita. Desechar lo innecesario.
SEITON:	Organizar. mantener un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

SEISOO:	Limpiarlo.	SHITSOKOKU:	Compromiso.
SEIKETSU:	Mantenerlo así.	SEISHOO:	Coordinación.
SHIKARI:	Constancia.	SEIDO:	Estandarización.
SHITSUKE:	Hacer de ésto un hábito.		

E. Proporcionar dispositivos para la eliminación de polvos, gases, nieblas, etc.

Los vapores, gases, humos, polvos, o emanaciones tóxicas originadas por procesos u operaciones hay que tratar de eliminarlos substituyendo las sustancias tóxicas utilizadas, modificando los procesos nocivos o cambiándolos por otros inocuos o menos perjudiciales; aislando la operación que contamina, proveyendo ventilación general o dilución, aspiración local o equipo personal de protección.

Las concentraciones de polvos, gases etc. deben mantenerse dentro de los límites permisibles.

Existen polvos nocivos e inocuos. En el aire que respiramos siempre hay una cantidad de polvo suspendido, por lo general inofensivo. La clasificación de los polvos se hace con base en sus propiedades físicas, fisiológicas y patológicas.

Según el efecto que producen sobre el cuerpo humano pueden ser:

- Polvos tóxicos como los de plomo, arsénico y mercurio .
- Los que producen alergias como asma, urticaria y dermatitis.
- Los orgánicos que pueden producir explosión (como los del algodón), o contener gérmenes.
- Los que pueden producir fibrosis pulmonar, como los de sílice.
- Los que producen irritación de los pulmones.
- Los que producen fibrosis pulmonar mínima, como los de hierro y bario.

Otra clasificación es:

- Irritantes, como los metálicos y de rocas.
- Corrosivos: de sosa cáustica y cal.
- Venenosos: de plomo, arsénico y mercurio.
- Provenientes de pelos y plumas que pueden portar gérmenes patógenos.

Conviene considerar la posibilidad de reutilizar los polvos recolectados.

Algunas de las enfermedades profesionales que pueden contraerse debido a la contaminación por los agentes mencionados son las siguientes:

SILICOSIS. Es una condición crónica de los pulmones causada por la inhalación de partículas finas de sílice por un tiempo prolongado y en una concentración tal que produce fibrosis en las paredes pulmonares.

Sus síntomas principales son disnea, tos, dolores en el pecho y dolores generales.

ASBESTOSIS. Es la enfermedad de los pulmones causada por la inhalación de polvo de asbesto durante un largo período de tiempo. Produce fibrosis pulmonar. Sus síntomas son: disnea progresiva, tos variable y de vez en cuando esputos con hilos de sangre, pérdida de peso.

SATURNISMO. Es el envenenamiento por plomo en cualquiera de sus tres formas: polvo, humo y vapor. Las personas que trabajan en fábricas de baterías están expuestas a este riesgo. El efecto más nocivo es sobre los glóbulos sanguíneos y además afecta el hígado, el bazo, el corazón, los riñones, los pulmones, los músculos y el sistema óseo.

HIDRIARGIRIASIS. Intoxicación producida por vapores de mercurio. Sus síntomas son: estomacales, dolores de cabeza, fatiga, debilidad, somnolencia o insomnio, alteraciones nerviosas y algunas veces trastornos renales y de la nutrición.

ARSENIOSIS. Es la acción tóxica del arsénico cuyos síntomas se asocian con manifestaciones digestivas, dolores, parálisis y otros síntomas de la piel.

F. Instalar resguardos en los sitios de transmisión de potencia.

Cualquier parte de la maquinaria o equipos en movimiento, representa un riesgo de ocurrencia de accidentes y por lo tanto debe ser debidamente resguardada (igualmente deben resguardarse otras partes que aunque sean inmóviles ofrezcan riesgos para el personal, tales como tuberías de conducción de vapor u otras sustancias calientes, líneas eléctricas, partes afiladas o salientes, etc.).

Los resguardos de las máquinas y equipos deben ser diseñados, construidos y utilizados cumpliendo con los siguientes requisitos generales:

- a. Que protejan en forma efectiva al trabajador. Para ello debe procurarse:
1. No establecer nunca contacto directo con partes móviles de transmisión.
 2. Evitar que el movimiento pueda reiniciarse mientras se hacen actividades de limpieza y mantenimiento.
 3. Proveer dispositivos de seguridad de paro rápido para casos de emergencia.
- b. Que permitan la operación normal de la facilidad, a un ritmo igual o mayor que el que se obtenía antes de la instalación del sistema de seguridad.
- c. Que permitan el mantenimiento normal de la facilidad.

Los peligros que pueden derivarse de un manejo inadecuado de las transmisiones dependen de la forma en que se realice la transmisión mecánica del movimiento, pero se pueden resumir en el traumatismo de alguna parte del cuerpo humano, bien sea por contacto directo o por enredarse las ropas con alguna parte móvil.

Algunos de los dispositivos de protección utilizados son:

Para Esmeriladoras. Cuyo riesgo depende de la posibilidad de romperse la pieza principal que actúa como abrasivo (y dada la velocidad de rotación a que está sometida, los fragmentos actúan como proyectiles). Se utiliza rodear la muela con una carcasa que deja libre solamente la sección utilizada para trabajar.

También conviene adicionar un dispositivo de parada automático.

Para Taladros. La rápida rotación del eje puede aprisionar las ropas o la cabellera de la persona que lo maneja, por lo tanto se instala un dispositivo que evite el contacto. Las mordazas que aprisionan la pieza evitan el desprendimiento violento de la misma.

Para Sierras. La pieza a aserrar no debe ser empujada por la mano, sino mediante un dispositivo especial con mango. Las sierras circulares deben estar cubiertas por sus partes superior y lateral. En las sierras de cinta debe protegerse la cinta.

Para Cepilladoras. Existen dispositivos que impiden el acceso de las manos del operario a la herramienta de corte. El empleo de plástico transparente permite vigilar la operación a la vez que protege.

Para Prensas. El peligro en ellas reside en un posible aplastamiento de las manos del que las usa. La protección consiste entonces en obligar a retirar las manos antes del momento de peligro (carrera descendente) o en impedir que la máquina funcione si no se ha asegurado la imposibilidad del acceso al sitio peligroso. Para ello se utilizan: controles de accionamiento operados por ambas manos, rejillas fijas, células fotoeléctricas, etc.

Un Programa de Seguridad dentro de la Empresa permitirá prevenir pérdidas en la producción y también los aumentos en los costos que se producen como consecuencia de los accidentes.

En 1928 el Consejo Americano de Ingeniería publicó un trabajo de investigación en el cual se especifican los costos concomitantes directos e indirectos de un accidente. Dichos costos incluyen:

1. Costo por pérdida de tiempo del trabajador afectado.
2. Costo imputable a pérdida del tiempo de otros trabajadores que dejan de trabajar por socorrer al compañero herido, o por simple curiosidad.
3. Costo por pérdida de tiempo de capataces, supervisores y otros, quienes pueden auxiliar al herido, hacer los arreglos para sustituirlo, investigar las causas del accidente, preparar informes sobre el caso, etc.
4. Costos debido a los daños que puedan haber sufrido máquinas, herramientas o materiales como consecuencia del accidente.
5. Costos provenientes del estado de desmoralización, y desasosiego debido al accidente.
6. Gastos fijos imputables aún cuando el trabajador no produzca.

G. Proveer el equipo necesario para protección personal.

Las consideraciones de tipo económico hacen que no siempre sea posible eliminar totalmente los riesgos dentro de una organización; aún cuando se revisen los métodos, las maquinarias y las herramientas con vías a su mejoramiento. En estos casos es necesario proveer al personal del equipo adecuado de protección.

TIPOS DE EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL:

1. Ropa protectora, protección de pies, manos y cabeza.
2. Protección para los ojos.

3. Protección para los oídos

4. Protección respiratoria.

La ropa protectora se utiliza para proteger al trabajador contra los efectos de sustancias dañinas en contacto con su piel (que queman o producen dermatitis, etc.), contra golpes por objetos contundentes, contra acciones abrasivas. Incluye objetos tales como: guantes, delantales, botas, cascos de seguridad, cinturones de seguridad (cuando hay que trabajar suspendido).

La protección para los ojos comprende anteojos de seguridad, y máscaras (para soldadura, deben retener los rayos calóricos y los ultravioletas). Un soldador por ejemplo, necesita usar guantes, ropa protectora contra chispas y metales calientes, casco y lentes de seguridad.

Los aparatos protectores para los oídos pueden ser aplicados directamente a los oídos, con orejeras o tapones, o pueden venir con un casco que además cubre la cabeza.

Los dispositivos para protección respiratoria pueden ser de dos tipos: Los que eliminan la contaminación por medio de filtros y los que proporcionan aire u oxígeno. Los filtros pueden actuar bien sea reteniendo mecánicamente las sustancias nocivas o neutralizando la acción tóxica de gases (por ejemplo filtros de carbón activado para suprimir la acción del óxido de carbono).

Las mascarillas más simples cubren sólo la boca y la nariz y el filtro puede consistir sólo en una tela, por estar destinadas a retener polvo. Las mascarillas para filtrar sustancias tóxicas (cloro, óxido de carbono, etc.) recubren toda la cara y la visión se efectúa a través de cristales.

Los requisitos indispensables que debe reunir el equipo de protección personal son:

1. Dar adecuada protección contra el riesgo particular para el cual fue diseñado.
2. Ser razonablemente confortable cuando lo usa el trabajador.
3. Ajustarse cómodamente, sin interferir en los movimientos naturales del usuario.
4. Ser duraderos.

5. Ser desinfectables y de fácil limpieza.

6. Llevar la marca de fábrica a fin de identificar su fabricante.

A estos puntos podríamos agregar también que el equipo "atractivo" es más aceptado por el trabajador (de allí la gran variedad de modelos de cascos de seguridad que encontramos).

H. Promover un programa bien formulado de primeros auxilios.

El programa más avanzado de seguridad industrial nunca será capaz de eliminar completamente los accidentes. Para tratar adecuadamente los accidentes que ocurran, es esencial disponer de un programa bien formulado de primeros auxilios. Esto incluirá entrenamiento y publicidad de tal manera que los trabajadores conozcan perfectamente los peligros de infección y la posibilidad de evitar infecciones mediante primeros auxilios. También debe especificarse el procedimiento completo a seguir en caso de accidentes, con instrucciones apropiadas para todos los niveles de supervisión.

8. MANEJO DE MATERIALES

El Manejo de Materiales puede definirse como el arte y la ciencia que involucra el movimiento, empaque y almacenamiento de cualquier sustancia. Esta definición toma en cuenta desde la partícula más pequeña que imaginemos hasta la mayor unidad que pueda ser movida hacia cualquier sitio por cualquier medio.

El Analista de Métodos debe considerar que el Manejo de Materiales es una parte esencial de cualquier actividad y consume usualmente la mayor porción de tiempo; pero sin embargo sólo añade costos al producto y debido a esto, mientras más pueda reducirse más competitivo será dicho producto.

El Manejo de Materiales se relaciona con: Movimiento, Tiempo, Lugar, Cantidad y Espacio. El movimiento debe hacerse de la forma más eficiente y al mínimo costo; los materiales deben estar disponibles en el momento y en el sitio indicados y en las cantidades necesarias. Además los requerimientos de espacio dependen grandemente del sistema de Manejo de Materiales que se utilice.

Existe una gran variedad de equipos de Manejo de Materiales; cada uno de ellos tiene su aplicación específica y su selección dependerá de lo que se va a manejar (personas, animales, materiales,

etc); dónde se va a usar el equipo (en un área abierta, cerrada, etc) y en qué momento.

La naturaleza de los materiales a manejar determina tanto el equipo básico como los dispositivos auxiliares (paletas, cajas, aditamentos para los montacargas o grúas, etc.).

En relación con la mejora y diseño de los sistemas de manejo de materiales, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- A. Planificar todas las actividades de Manejo de Materiales y almacenamiento para obtener la eficiencia máxima de operación, en forma global.
- B. Disponer la secuencia de operaciones y la Distribución en Planta de tal manera que se optimice el flujo de materiales.
- C. Simplificar el manejo reduciendo, eliminando, o combinando movimientos innecesarios y/o equipos.
- D. Utilizar la gravedad.
- E: Utilizar al máximo el equipo disponible.
- F. Cuando sea posible, mecanizar el manejo.
- G. Seleccionar el equipo a usar considerando todos los aspectos relacionados con el material, el tipo de movimiento y el método a utilizar.
- H. Estandarizar los métodos de manejo, así como también los tipos y tamaños de los equipos.
- I. Utilizar los métodos y equipos que proporcionen la mayor versatilidad.
- J. El equipo debe permitir un manejo eficiente y en condiciones que proporcionen el máximo de seguridad.

9. DISTRIBUCION EN PLANTA

Una buena Distribución en Planta comprende el diseño de un plan para colocar el equipo adecuado de una forma tal que se introduzca el máximo de economías durante el proceso de manufactura. Los principios fundamentales de la disposición de las instalaciones son comunes para todas las industrias, pero el resultado de su aplicación variará según el tipo de producto fabricado, el tamaño de la instalación

y otras limitaciones. Una buena distribución de las instalaciones proporciona las siguientes ventajas:

1. Suministra líneas definidas para el recorrido del trabajo.
2. Permite que se recorran distancias más cortas.
3. Reduce el costo de manipulación de materiales.
4. Reduce el tiempo total de fabricación.
5. Reduce la cantidad de trabajo en el curso de fabricación.
6. Disminuye las existencias de los almacenes.
7. Permite una utilización más eficiente de la mano de obra y de las instalaciones.
8. Disminuye la superficie requerida para el trabajo.
9. Reduce la cantidad de mano de obra.

Puntos esenciales al hacer una Distribución en Planta.

Se hace necesario tener en cuenta la asignación de algunos espacios de la siguiente manera:

1. Sitio para el operador de la o las máquinas
2. Márgenes para las partes sobresalientes de las máquinas o los recorridos extremos, por ejemplo: la mesa de una cepilladora, el voladizo de una grúa, la biela de una máquina.
3. Márgenes para las prolongaciones de las piezas trabajadas, como las barras de que se alimentan las máquinas de hacer tornillos.
4. Sitios para manipulación de materiales, carretillas para llevar y traer piezas de fabricación, materias-primas, repuestos, etc.
5. Espacio para los transportadores fijos en el piso o rampas.
6. Sitios para quitar o poner piezas grandes que haya que trabajar en las máquinas o que deban ser removidas, para hacer reparaciones y mantenimiento.
7. Lugar para el banco de trabajo.
8. Sitio para actuar en cualquier parte de la máquina que pueda necesitar ajuste, inspección o mantenimiento.

9. Fácil acceso a los dispositivos de paro que protegen a los operarios.
10. Aumento en los espacios necesarios por la proximidad de columnas, paredes, escaleras, etc., que pueden hacer requerir superficies mayores.

Plantillas y Modelos a Escala.

La disposición de las máquinas, aparatos, equipos, etc., en el piso de la Planta es en el mejor de los casos un problema de tanteo. Sin embargo, también se han desarrollado métodos cuantitativos que permiten la utilización de modelos de asignación, así como también el uso de modelos para resolver utilizando computadoras.

Las Plantillas son de gran utilidad para planear la disposición o para planear cambios en disposiciones ya existentes. Las plantillas se dibujan a escala (1, 2 ó 3 cms por metro). Las mismas se mueven sobre un plano en la misma escala de la superficie de suelo asignada al Departamento, ordenándolas y moviéndolas las veces que sea necesario para obtener la mejor disposición.

Colores Estándar en Plantillas de Equipos.

Salmón: Máquinas-herramientas, equipos mecánicos y similares.

Verde: Equipos de oficina y equipos estacionarios como bancos, tolvas, bastidores.

Amarillo: Equipos fijos de Manejo de Materiales.

Rojo: Equipos portátiles de Manejo de Materiales y almacenamiento temporal (paletas, etc.).

Las maquetas y modelos a escala vienen a ser plantillas en tres dimensiones; su costo es por lo general bastante elevado.

Básicamente hay tres métodos para disponer las máquinas en un departamento de fabricación:

A. Distribución por Proceso o Disposición Funcional.

Las máquinas o procesos iguales se agrupan. Por ejemplo, todas las máquinas de taladrar en un departamento, todas las de soldar en otro, todos los evaporadores en otro, etc. El producto que se fabrica tiene que trasladarse de un departamento a otro a medida que progresa en su transformación de materia-prima en producto terminado.

B. Distribución por Producto o en Línea Recta.

Se agrupan en un departamento todos los equipos necesarios para realizar todas las operaciones sobre un producto dado, colocándolos en el orden en el cual se realizan las operaciones.

C. Distribución Mixta.

No siendo siempre factible el disponer los equipos de acuerdo a los casos anteriores, algunas veces se utiliza una combinación de los dos, que es la que se conoce como distribución mixta.

Ventajas de la Distribución por Proceso o por Departamento:

- a. Menor inversión en máquinas ya que es menor la duplicidad. Sólo se necesitan las máquinas suficientes de cada clase para manipular la carga máxima normal, en lugar de una en cada línea de producto. Las sobrecargas se resolverán, por lo general, trabajando durante horas extras.
- b. Las máquinas pueden mantenerse ocupadas la mayor parte del tiempo.
- c. Una gran flexibilidad para ejecutar los trabajos. Es posible asignar tareas a cualquier máquina de la misma clase que esté disponible en ese instante.
- d. Los operarios se hacen mucho más hábiles ya que tienen que saber manejar cualquier máquina grande o pequeña del grupo.
- e. Las averías en una máquina no interrumpen toda una serie de operaciones. Basta con trasladar el trabajo a otra máquina.
- f. Apariencia general de orden.
- g. Un nuevo operario puede entrenarse fácilmente ya que estará rodeado por personal avezado en el manejo de máquinas similares.

Desventajas.

- a. No existe ningún dispositivo mecánico definido por el cual tenga que circular el trabajo, por lo tanto existe la posibilidad de que se realicen largos recorridos y sobrecorridos en trabajos que requieren una serie de operaciones en diversas máquinas.
- b. La separación de las operaciones y las mayores distancias que tiene que recorrer el trabajo, da como resultado mayor manipulación de materiales y costos más altos. Se emplea más mano de obra.

- c. Se necesita un gran volumen de papeleo para seguir las órdenes y controlar la producción entre secciones.
- d. El tiempo total para la fabricación es mayor debido a los transportes y porque el material tiene que llevarse a un departamento antes de que sea efectivamente necesario, con el objeto de impedir que las máquinas tengan que pararse.
- e. Son necesarias más inspecciones. Por lo general una después de cada operación antes de pasar el trabajo al departamento siguiente, en lugar de una sola inspección al final de cada grupo de operaciones.

Ventajas de la Disposición por Producto.

- a. El trabajo se mueve siguiendo rutas diferentes, lo cual hace que sean menores los retrasos en la fabricación.
- b. Menos manipulación de materiales, debido a que el recorrido del trabajo es más corto sobre una serie de máquinas contiguas o de puestos de trabajos adyacentes.
- c. Menores posibilidades de extravío de trabajos.
- d. Menor tiempo total para la producción.
- e. Menor cantidad de trabajo en curso.
- f. Cantidad limitada de inspección.
- g. Control de Producción muy simplificado. El control visual reemplaza en gran parte el papeleo. Menos impresos y registros utilizados.

Desventajas.

- a. Elevada inversión en máquinas debido a su duplicidad en diversas líneas de producción.
- b. Se necesita duplicación de las líneas de servicio tales como: aire, agua, gas y potencia.
- c. Menor flexibilidad en la ejecución del trabajo.
- d. Los operarios se hacen avezados, cada uno en máquinas determinadas.
- e. Existe el problema de encontrar supervisores competentes debido a la diversidad de facilidades y trabajos que deben ser supervisados.

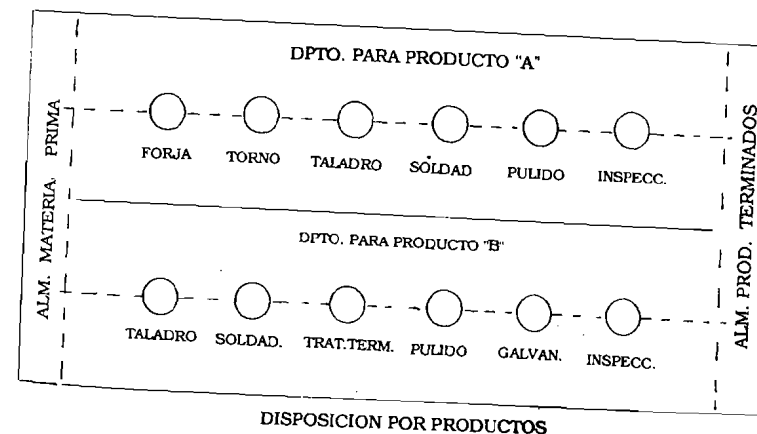
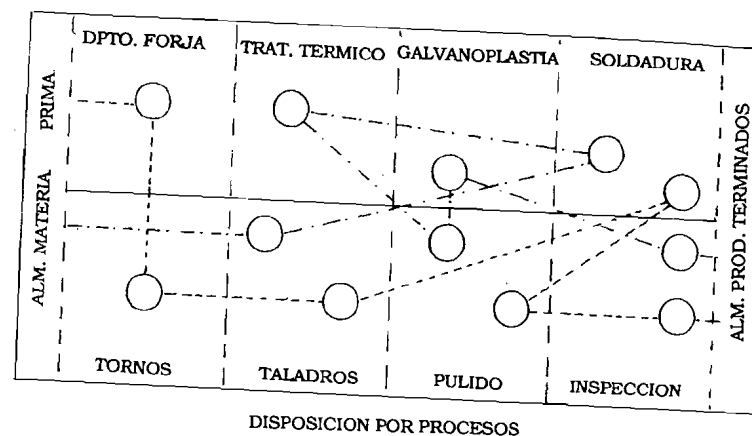


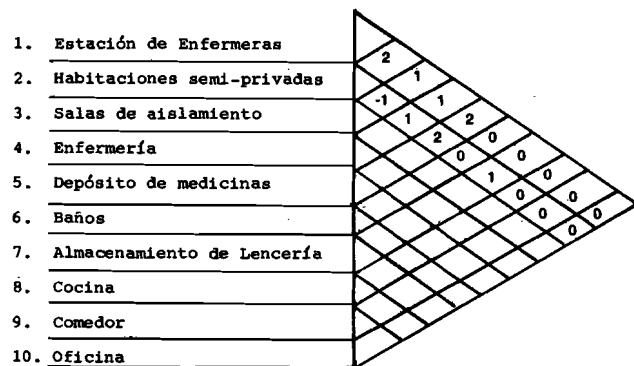
Figura 9

- f. Peligro de que se pare toda la línea de producción si una de las máquinas se para.

DIAGRAMA DE PROXIMIDADES (31)

Es una matriz o esquema tabular en la cual se colocan las facilidades individuales a localizar. La deseabilidad relativa de localizar cada facilidad en un lugar próximo a otras facilidades, se representa por medio de valores numéricos y este valor se coloca en la celda de la Tabla correspondiente al par de facilidades para las cuales aplica. Este Diagrama presenta utilidad para determinar la posición relativa o localización de equipos, centros de trabajo, etc.

Con un ejemplo de la distribución de áreas en un Hospital, se aclarara el funcionamiento de este Diagrama:



- 2 = necesario (las áreas deben estar próximas una de la otra).
1 = deseable (las áreas deben estar algo cerca una de la otra).
0 = indiferente (no importa si las áreas están próximas).
-1 = indeseable (las áreas deben estar separadas)

10. PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS.

Son algunas normas que permiten realizar la actividad con un menor esfuerzo y en un menor tiempo; es decir, en forma más eficiente. Los mismos serán descritos en detalle en la sección dedicada al Análisis de Movimientos.

HOJA DE ANALISIS DE LA OPERACION

DEPTO.	GRUPO	OPERARIO No.	OPERACIONES	FECHA
PARTE/APARATO		DIBUJO Y PARTE		ANALISIS
1. Propósito de la Operación - Podría eliminarse la operación realizando mejor o modificando las operaciones precedentes? - Podría un suplidor realizar la operación más económicamente?				
2. Diseño de Partes - Son todas las partes necesarias? - Es cada elemento de cada parte necesario para el funcionamiento? - Podrían substituirse las partes especiales por estandarizadas? - Los elementos del diseño permiten el ensamble más simple? - Qué elementos de diseño usa la competencia? - Podría simplificarse el diseño, previendo una futura automatización?				
3. Tolerancias y Especificaciones - Causan las tolerancias dificultades en la ejecución de operaciones o ensambles subsiguientes? - La reducción en los costos de ensamble justificaría el usar tolerancia más estrictas?				
4. Materiales - Puede disponerse de un nuevo material que posea las características deseadas a un costo menor? - Se recibe el material de tal manera que se minimicen los desperdicios? - Se justificaría un material más caro, que permita reducir los costos de maquinado y procesamiento? - Permitirían herramientas modificadas el usar material más ligero o de menor área seccional?				
5. Procesos de Manufactura - Podría substituirse el proceso por otro que permita mayor grado de automatización? - Podrían reorganizarse o combinarse las operaciones para reducir los costos unitarios? - Podría eliminarse la operación?				
6. Equipos, Herramientas y Tiempos de Preparación - Se han especificado las herramientas más efectivas: Se están usando? son seguras? - Las herramientas de corte están adecuadamente afiladas? - Están disponibles cuando se necesitan? - Se han especificado las adecuadas: velocidades, profundidad de corte, alimentación? - Se verifica la operación para ver si se siguen estas especificaciones? - Puede la máquina especificada producir partes de buena cantidad a la velocidad, alimentación y profundidad de corte especificados? - Podrían utilizarse alimentadores automáticos para incrementar la utilización de la maquinaria?				
7. Condiciones de Trabajo - Es adecuada la iluminación? - La temperatura es confortable? - Hay suficiente ventilación? - Existe control de ruidos? - Hay orden y limpieza? - Los puntos de transmisión de potencia están protegidos? - Hay dispositivos para eliminar polvos, gases y nieblas? - Disponen los trabajadores de equipo personal de protección?				
8. Manejo de Materiales - Los materiales son suministrados por el suplidor de tal manera que no requieren preparación para la primera operación? - Podría utilizarse alimentadores vibratorios para las partes pequeñas a fin de simplificar el manejo? - Si el manejo de materiales es complicado y costoso podría un proceso diferente reducir estos costos?				
9. Distribución de Planta - La distribución permite movimientos cortos y suministro adecuado del material al operario? - Podría reorganizarse el área de almacenamiento para reducir el congestionamiento? - La distribución permite la movilización del personal bajo condiciones de seguridad? - Es ésta la mejor distribución?				
10. Principios de Economía de Movimientos - Las herramientas y materiales están colocados en el mejor sitio? - Los movimientos son de bajo orden? - El patrón de movimientos permite que las manos del operario estén siempre en lugar seguro? - Debería proveerse plantillas o dispositivos de fijación?				

IV. ANALISIS DE MOVIMIENTOS.

El Análisis de Movimientos constituye el tercer grado de refinamiento en la aplicación de la Ingeniería de Métodos. Se usa cuando la tarea que se estudia es altamente repetitiva o comprende gran cantidad de trabajo manual; y en todo caso cuando los beneficios que se obtengan al aplicarlo sean superiores a los costos en los cuales se incurra durante el Estudio.

El Estudio de Movimientos consiste en el análisis cuidadoso de los movimientos del cuerpo empleados al ejecutar una tarea, con la finalidad de acortar la duración, o reducir en cantidad, los movimientos ineficaces o no productivos y facilitar y aligerar los movimientos eficaces. Esto permite realizar el trabajo en forma mas fácil y con menor fatiga a la vez que se incrementa la producción. También ayuda en el entrenamiento del operario en un nuevo método.

En un sentido general, los estudios de Movimientos cubren a su vez dos grados de refinamiento que tienen amplia aplicación industrial.

Ellos son:

1. El Estudio Visual de Movimientos,
2. El Estudio de Micromovimientos,

Cada una de estas técnicas tiene su aplicación, dependiendo de la importancia de la tarea que se está analizando. El Estudio Visual de Movimientos tiene una aplicación mucho más amplia ya que la repetitividad de la tarea no necesita ser tan grande para que económicamente se justifique su uso. El Estudio de Micromovimientos es práctico de utilizar sólo en trabajos extremadamente activos cuya duración y repetitividad sean significativas.

1. EL ESTUDIO VISUAL DE MOVIMIENTOS.

Consiste en el análisis de los movimientos del cuerpo usados cuando se ejecuta una tarea, siguiendo los siguientes pasos:

Observación cuidadosa de la tarea

Construcción del Diagrama del Operador

Análisis del Diagrama del Operador, considerando los Principios de Economía de Movimientos.

A. El Diagrama del Operador(D.O.)

Es la representación gráfica en forma consecutiva y sincronizada de los movimientos de ambas manos del operario, expresados en función de las siguientes actividades del Proceso:

Operación



Transporte



Almacenamiento



Demora



El Diagrama del Operador recibe también el nombre de Diagrama Mano Derecha - Mano Izquierda.

En este diagrama las cinco actividades del Diagrama del Proceso han quedado reducidas a cuatro, al eliminar la Inspección. Dichas actividades quedan referidas a las manos, por lo cual pueden no coincidir exactamente con las definiciones vistas. La operación en este caso se refiere a actividades en las cuales los dedos de la mano se posan sobre un objeto, o alrededor de un objeto, para lograr control del mismo; se retiran o abren para dejar de ejercer control; se monta una parte con otra, o se desmonta una parte de otra. El Transporte significa el desplazamiento de una mano de un sitio a otro. El Almacenamiento ocurre cuando una de las manos sostiene y la Demora es una interrupción en la secuencia establecida, o una espera de una de las manos.

Para construir el Diagrama del Operador se utiliza un formato, en el cual, una vez familiarizados con la tarea que estudiamos, procederemos a describir sucintamente las actividades realizadas por cada una de las manos del operario para lograr el objetivo perseguido.

La representación debe hacerse comenzando con una de las manos para luego seguir con la otra. Esto facilita la sincronización posterior necesaria.

En el Diagrama debe destacarse lo que constituye el Ciclo Representativo, es decir aquel que podemos esperar que se repetirá con la mayor frecuencia a lo largo de la ejecución continua de la tarea.

En la figura 10 se presenta el formato utilizado para la construcción del Diagrama del Operador.

DESCRIPCION DEL FORMATO

1. En la parte superior el formato lleva la identificación: "Diagrama del Operador"
2. La parte superior derecha lleva:
 - a. Nombre de la operación
 - b. Indicación de si el método representado es el Actual o el Propuesto.
 - c. La fecha de elaboración.
 - d. Nombre del operario que ejecutaba el trabajo .
 - e. Nombre del Aque hizo el Diagrama.
 - f. Espacio para hacer un esquema general de la Pieza o Producto elaborado.
3. En la parte superior izquierda se coloca:
 - a. El Resumen, en el cual se indica para cada mano la cantidad de cada una de las actividades que ejecute y también la distancia total que recorre . El Resumen sirve también para la "Venta" del Método Propuesto, al indicar las diferencias de éste con respecto al Método Actual.
 - b. La Distribución del Area de Trabajo. Corresponde a una vista en planta del área de trabajo, sobre la cual están marcados dos semicírculos que representan el "Area Normal de Trabajo". Dentro de esta vista en planta puede hacerse un esquema burdo de la distribución de los dispositivos,

DIAGRAMA DEL OPERADOR

[illegible]

Figura 10

herramientas y materiales. Este esquema y el de la pieza no son substitutos de dibujos en los cuales se muestren los materiales, dispositivos, herramientas y piezas en forma detallada y a escala.

4. El cuerpo del D.O. contiene 2 columnas; una para la mano izquierda y otra para la mano derecha en las cuales se va haciendo la descripción de los movimientos, indicando sobre la columna de símbolos la clasificación que hemos dado a cada movimiento.

USOS DEL DIAGRAMA DEL OPERADOR

El D.O. constituye una herramienta muy útil para:

1. Balancear los movimientos de ambas manos del operario.
2. Reducir la fatiga o cansancio causados por el desequilibrio en los movimientos del cuerpo.
3. Eliminar o reducir los elementos no productivos, como por ejemplo el sostener.
4. Acortar la duración de los movimientos productivos.
5. Entrenar a nuevos operarios en el método.
6. "Vender" el método propuesto.
7. Disponer de un registro permanente de la forma como debería hacerse el trabajo, para así poder detectar cualquier desviación.

En la Figura 11 se presenta el Diagrama del Operador construido para el ensamble de Tornillo y Tuerca.

B. Principios de Economía de Movimientos.

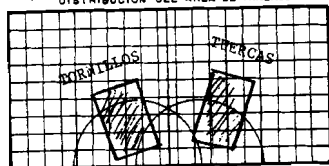
Los Principios de Economía de Movimientos fueron originalmente desarrollados por Gilbreth cuando redactó ciertas reglas para la economía de movimientos y el rendimiento. Estas reglas han sido complementadas por investigadores posteriores y son aplicables a trabajos de taller, en la oficina, en el hospital o en el hogar.

Los Principios de Economía de Movimientos se clasifican según sea su relación con:

DIAGRAMA DEL OPERADOR

RESUME		PRESENTE		PROPUESTO		DIFERENCIA	
POR	PIEZAS	MI	MO	MI	MO	MI	MO
☐	OPERACIONES	02	04				
☐	TRANSPORTES	02	03				
☐	SOSTENER	02	00				
☐	DEMORAS	01	00				
	DISTANCIAS						

DISTRIBUCION DEL AREA DE TRABAJO



OPERACION ENSAMBLE DE TORNILLO Y
TUERCA.

METODO { ACTUAL } FECHA 08-10-91
{ PROPUESTO }

OPERADOR JUAN PEREZ

HECHO POR SEGUNDO TORRES

ESQUEMA DE LA PIEZA.

CICLO REPRESENTATIVO	MANO IZQUIERDA.				MANO DERECHA.			
	En reposo	○→▽	○→▽	○→▽	En reposo	○→▽	○→▽	○→▽
	Va por tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Va por tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	coge tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Coge tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Mueve torn. a A. de Ens.	○→▽	○→▽	○→▽	Mueve Tuer. a A. de Ens.	○→▽	○→▽	○→▽
	Sostiene tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Posiciona tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Sostiene tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Gira tuerca 3 veces	○→▽	○→▽	○→▽
	Suelta tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Lleva ensamble a caja	○→▽	○→▽	○→▽
	Va por tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Deja ensamble en caja	○→▽	○→▽	○→▽
	coge tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Va por tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Mueve torn. A. de Ens.	○→▽	○→▽	○→▽	Coge tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Espera	○→▽	○→▽	○→▽	Mueva tuer. a A. de Ens.	○→▽	○→▽	○→▽
	Sostiene tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Posiciona tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Sostiene tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Gira tuerca 3 veces	○→▽	○→▽	○→▽
	Suelta tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Lleva ensamble a caja	○→▽	○→▽	○→▽
	Va por tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Deja ensamble en caja	○→▽	○→▽	○→▽
	Coge tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Va por tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Mueve torn. a A. de Ens.	○→▽	○→▽	○→▽	Coge tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Espera	○→▽	○→▽	○→▽	Mueve tuerca a A. de Ens.	○→▽	○→▽	○→▽
	Sostiene tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Posiciona tuerca	○→▽	○→▽	○→▽
	Sostiene tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Gira tuerca 3 veces	○→▽	○→▽	○→▽
	Suelta tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Lleva ensamble a caja	○→▽	○→▽	○→▽
	Va por tornillo	○→▽	○→▽	○→▽	Deja ensamble en caja	○→▽	○→▽	○→▽

Figura 11

- El uso del cuerpo humano.
- La Distribución y Condiciones del lugar de trabajo.
- El diseño de equipos y herramientas.

a. Principios de Economía de Movimientos relacionados con el uso del cuerpo humano.

1. Ambas manos deben comenzar y terminar movimientos a la vez.
2. Ambas manos no deben estar inactivas a vez, excepto durante los períodos de descanso.
3. Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente, en sentidos opuestos y en forma simétrica.
4. Los movimientos deben quedar confinados a la clasificación más baja con la que sea posible realizar el trabajo.

Explicación: Estos tres principios se basan en el hecho de que el cuerpo humano tiende hacia la simetría. Cualquier desbalance es causa de fatiga. También resulta difícil realizar movimientos no simétricos con ambos brazos a la vez, lo cual se demuestra por ejemplo tratando de dibujar un círculo con una de las manos mientras con la otra se dibuja un cuadrado.

Explicación: Los movimientos se clasifican de acuerdo al orden siguiente:

Orden	Partes del cuerpo usadas
Primero	Dedos de la mano
Segundo	Dedos y muñeca
Tercero	Dedos, muñeca y antebrazo
Cuarto	Dedos, muñeca, antebrazo y hombro.
Quinto	Tronco

Mientras mayor sea el orden de los movimientos, mayor es la cantidad de músculos y partes del cuerpo utilizados; por lo tanto habrá mayor propensión al cansancio y a la fatiga. Los movimientos de quinto orden también se denominan Movimientos de Orden Superior y deben evitarse cuando el trabajo es repetitivo.

5. Siempre que sea posible debe usarse el impulso para ayudar al operario o reducirse a un mínimo si ha de ser vencido por el esfuerzo muscular.

Explicación: Este principio es muy utilizado en los deportes. Por ejemplo cuando un atleta lanza un disco en una competencia, lo toma con la mano y gira rápidamente sobre sí mismo para darle impulso, soltándolo luego; con lo cual logra alcanzar mayor distancia con menor esfuerzo que si lo hiciera de otra manera. Cuando se inició esta práctica atlética se impulsaba el disco sólo con el brazo, por lo cual el lanzamiento era de alcance bastante discreto.

6. Son preferibles los movimientos continuos y suaves de las manos a los movimientos en zig-zag o en línea recta, en los que hay cambios repentinos y bruscos de dirección.
7. Los movimientos Balísticos son más rápidos, fáciles y exactos que los restringidos o controlados.

Explicación. Cuando movemos un miembro del cuerpo; por ejemplo el brazo para alcanzar un objeto, se ponen en acción dos grupos de músculos: Uno que favorece la ejecución de la acción y otro que se le opone para hacer que el movimiento se detenga dentro de ciertos límites. Este tipo de movimiento recibe el nombre de restringido o controlado. El movimiento balístico se disipa por sí solo, sin que intervenga el grupo antagónico de músculos. Un jugador de Bowling emplea movimientos balísticos cuando lanza la bola; también los emplea el obrero que "palea" arena o tierra hacia un lugar específico.

8. El ritmo es esencial para la ejecución de la operación. Debe disponerse el trabajo para permitir un ritmo fácil y natural.

Explicación. Este principio permite que el operario adquiera cierta automaticidad en la ejecución de la operación. Un buen nadador por ejemplo, siempre procura realizar sus movimientos con el mayor ritmo y suavidad posible a fin de disminuir la fatiga y avanzar uniformemente.

b. Principios de Economía de Movimientos relacionados con la Distribución y Condiciones del Lugar de Trabajo.

1. Debe haber un sitio fijo definido para todas las herramientas y materiales.

Explicación. Con este principio se intenta eliminar el tener que buscar cada cosa cuando la requiramos. El buscar es un elemento inefectivo.

2. Las herramientas, los materiales y los controles deben situarse cerca y directamente frente al operario.
3. Los materiales y las herramientas deben situarse de forma tal que permitan el menor orden de los movimientos.

Explicación. En el plano horizontal se define el AREA NORMAL DE TRABAJO como aquella barrida por el movimiento de ambos antebrazos del operario, cuando éste se encuentra sentado, con los brazos paralelos al eje mayor del tronco y apoyando los codos sobre una mesa. Dentro de esta área los movimientos llegan hasta el Tercer Orden.

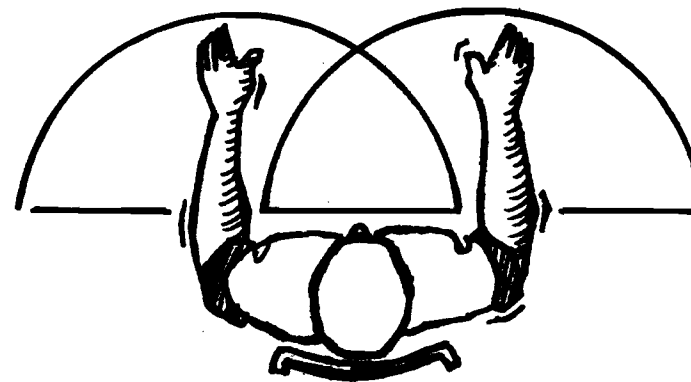


Figura 12
Area normal de trabajo en el plano horizontal

EL AREA MAXIMA DE ALCANCE es aquella barrida por los brazos extendidos del operario, cuando el movimiento tiene al hombro como pivote. Dentro de esta área los movimientos llegan hasta el Cuarto Orden.

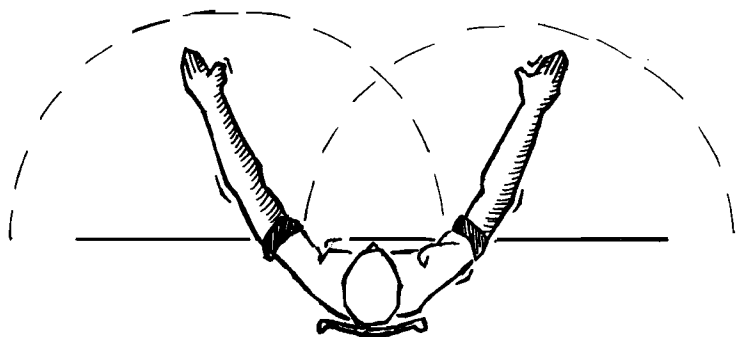


Figura 13
Area máxima de alcance en el plano horizontal.

EL AREA DE ENSAMBLE es aquella comprendida en la intersección de los semicírculos correspondientes al Area Normal de Trabajo de cada mano. Dentro de esta área los movimientos llegan hasta el Segundo Orden.

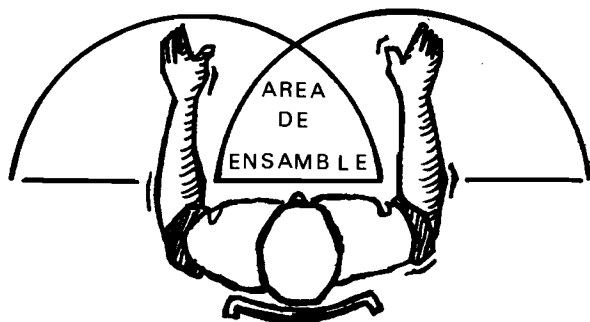


Figura 14
Area de ensamble en el plano horizontal.

En el Plano Vertical podemos definir también:

EL AREA NORMAL DE TRABAJO, como aquella barrida verticalmente por los brazos del operario cuando el movimiento se realiza teniendo como pivote el codo apoyado sobre una superficie,

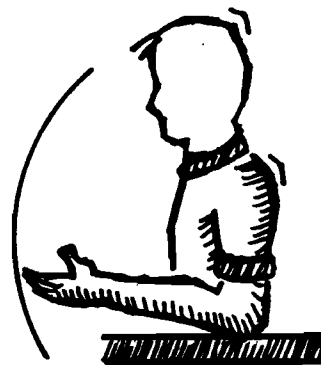


Figura 15
Area normal de trabajo en el plano vertical

Y el AREA MAXIMA DE ALCANCE es aquella área barrida verticalmente por los brazos cuando el movimiento tiene por pivote al hombro.

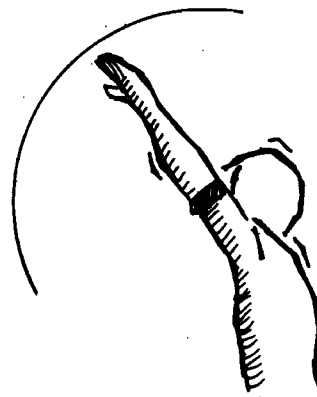


Figura 16
Area máxima de alcance en el plano vertical

4. Deben utilizarse dispositivos que permitan el "suministro" y la "entrega" de material por gravedad. Por suministro entenderemos el material que llega al área de trabajo y por entrega el que sale de ella.
5. Debe proveerse al operario de un asiento que le permita trabajar alternadamente sentado o de pie.
6. Proporcionar condiciones ambientales adecuadas tales como iluminación, ventilación, humedad, temperatura, etc.

c. Principios de Economía de Movimientos relacionados con el diseño de equipos y herramientas.

1. Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado más satisfactoriamente por una plantilla, aparato de sujeción o dispositivo accionado por el pie.

Explicación. La idea es tener las manos libres en todo momento para realizar el trabajo verdaderamente productivo.

2. Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.

Explicación. La combinación de herramientas permite eliminar una serie de elementos y combinar otros. Por ejemplo, cuando se utiliza un lápiz que a su vez tiene borrador disminuimos una cantidad de elementos a nivel de Therbligs tales como buscar, posicionar, coger, soltar, etc.

3. Siempre que sea posible deben colocarse las herramientas y los materiales en posición previa.
4. En trabajos donde cada dedo realiza un movimiento específico, tal como escribir a máquina, debe distribuirse la carga de acuerdo a las capacidades de dichos dedos.
5. Los mangos, como los de los destornilladores, deben diseñarse para que ofrezcan la mayor cantidad de superficie en contacto con la mano. Esto es de esencial importancia cuando hay que efectuar una fuerza considerable al utilizar el mango.
6. Las palancas, barras cruzadas y volantes de mano deben situarse en posiciones tales que el operario pueda manipularlos con un mínimo de cambio de posición del cuerpo y con las mayores ventajas mecánicas.

Explicación. Todos estos principios deben tener como objetivo central al hombre a quien se le aplican. Es por ello que algunas veces habrá que hacer adaptaciones que dependen de patrones sociales y culturales, de condiciones climáticas, etc.

2. EL ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS

El Estudio de Micromovimientos comprende el análisis de la combinación de "Therbligs" o elementos básicos empleados cuando se realiza una tarea manual altamente repetitiva. Contiene los siguientes pasos: Filmación de la tarea; construcción del Diagrama SIMO y examen posterior del diagrama.

Los Gilbreth (Frank y Lillian) desarrollaron divisiones básicas aplicables a todos los trabajos de producción realizados con las manos, concluyendo que las operaciones están compuestas por combinaciones de estos 17 elementos. Los elementos, llamados Therbligs, muchas veces no son perceptibles a simple vista o se hace difícil diferenciar donde comienza uno y termina el anterior. Debido a ello es necesario filmar la tarea para luego pasar la película cuadro a cuadro o en cámara lenta y construir el diagrama SIMO. Esto incrementa notablemente el costo del Estudio, comparado con un Estudio Visual de Movimientos.

Los Therbligs se identifican por medio de un nombre que describe la acción realizada, un símbolo literal y un símbolo gráfico:

NOMBRE DEL THERBLIG	SÍMBOLO LITERAL	SÍMBOLO GRÁFICO
Buscar	(B)	
Seleccionar	(S)	
Transporte vacío	(T.V.)	
Coger	(C)	
Transporte cargado	(T.C.)	

Posicionar	(P)	9
Montar	(M)	#
Desmontar	(DM)	††
Usar	(U)	⌒
Dejar la carga	(D.C.)	⊙
Colocación previa	(CP)	⌚
Sostener	(SO)	⌒
Planear	(PL)	⌚
Demora evitable	(DE)	⌒
Demora Inevitable	(DI)	⌒
Descanso para Vencer la Fatiga (DF)		⌚
Inspeccionar	(I)	0

A. Definiciones de las Divisiones Básicas.

- a. **Buscar.** Elemento básico empleado en localizar un objeto. Comienza en el instante en que los ojos se mueven en un esfuerzo por localizar el objeto y finaliza en el instante en que los ojos están fijos sobre el objeto encontrado. Es un elemento

ineficaz. Su tiempo puede reducirse o eliminarse mediante las siguientes sugerencias:

1. Identificar adecuadamente las partes o materiales, usando etiquetas o colores diferentes.
 2. Ver la posibilidad de utilizar recipientes transparentes.
 3. Estudiar la posibilidad de redistribuir la estación de trabajo.
 4. Utilizar iluminación adecuada.
 5. Colocar las herramientas y los materiales en sitios fijos.
- b. **Seleccionar.** Tiene lugar cuando el operario escoge una parte de entre dos o más. Es difícil de aislar con respecto al buscar y es también ineficaz. Para eliminar este Therblig el analista puede:
1. Ver la posibilidad de intercambiar partes comunes.
 2. Estandarizar las herramientas.
 3. Estudiar la posibilidad de colocar las partes en posición previa.
- c. **Transporte vacío (o alcanzar).** Representa el movimiento de una mano vacía sin resistencia desde o hacia un objeto. Comienza en el momento en que la mano se mueve hacia el objeto o localización general y termina en el momento en que la mano se detiene después de llegar al destino previsto. Es un Therblig eficaz pero sin embargo puede verse la posibilidad de eliminarlo. Para mejorarlo se recomienda:
1. Acortar las distancias
 2. Usar dispositivos de "suministro" de material por gravedad.
 3. Eliminar los cambios abruptos de dirección.
- d. **Coger.** Movimiento elemental que consiste en cerrar los dedos alrededor de una parte. Comienza en el momento en que los dedos se colocan alrededor del objeto para lograr control y termina en el instante en que se logra dicho control. Es un Therblig eficaz.

Sugerencias para mejorarlo:

1. Estudiar la posibilidad de coger más de una parte el mismo tiempo.
2. Utilizar agarre por contacto en lugar de agarre por sujeción, es decir, deslizar los objetos en lugar de levantarlos.
3. Preposicionar herramientas y partes para facilidad de agarre.

4. Utilización de transportadores, vacío, magnetos, etc.

- e. **Transporte cargado (o mover).** Representa una mano en movimiento con una carga. La carga puede ser en forma de presión.

Comienza en el momento en que la mano cargada se mueve hacia una localización general y termina en el instante en que el movimiento se detiene después de llegar al sitio previsto. Es un Therblig eficaz, pero puede tratarse de eliminar. Para mejorarlo son aceptables las siguientes sugerencias:

1. Acortar las distancias.
2. Usar dispositivos de "entrega" de material por gravedad.
3. Aumentar el número de unidades transportadas.
4. Seleccionar el mejor medio para el transporte.
5. Usar el miembro del cuerpo más apropiado (dedos, muñeca, antebrazo, hombro).
6. Utilizar dispositivos accionados por el pie.

- f. **Posicionar.** Consiste en localizar un objeto de tal manera que el mismo esté orientado de una manera específica. Comienza en el instante en que la mano que controla (o las manos) comienza a agitar, girar o deslizar la parte para orientarla en la posición correcta y finaliza tan pronto como la mano comienza a retirarse de la parte. Es un Therblig ineficaz y difícil de aislar ya que se confunde con el transporte cargado o con el Therblig que le sigue.

Puede mejorarse:

1. Usando dispositivos adecuados.
2. Cambiando las tolerancias.

- g. **Montar.** Ocurre cuando dos partes se ensamblan. Comienza en el instante en que las dos partes se ponen en contacto y termina con la realización de la unión.

- h. **Desmontar.** Es el reverso de montar y ocurre cuando las partes son desunidas. Comienza en el instante en que una o ambas manos tienen control sobre el objeto después de agarrarlo y y finaliza tan pronto como se ha realizado la separación.

- i. **Usar.** Ocurre cuando una o ambas manos tienen control sobre un objeto durante la porción del ciclo en que se realiza trabajo

productivo. Para estudiar los 3 Therbligs eficaces, nombrados anteriormente, deben responderse las siguientes preguntas:

1. ¿Puede usarse un dispositivo de fijación?
2. ¿La actividad del trabajo justifica el usar equipo automático?
3. ¿Puede usarse una herramienta más eficiente?
4. ¿Las herramientas están siendo operadas a las velocidades más eficientes?

- j. **Dejar la carga (o soltar).** Ocurre cuando se deja de tener control sobre el objeto. Comienza en el instante en que los dedos se separan de la parte sostenida y finaliza en el momento en que los dedos están totalmente separados de la parte. Es un Therblig eficaz. Para mejorarlo el Analista debe preguntarse:

1. ¿Puede usarse un eyector mecánico?
2. ¿Puede realizarse el soltar estando la mano en movimiento?
3. ¿Pueden dejarse varias unidades a la vez?

- k. **Colocación previa.** Elemento de trabajo que consiste en situar un objeto en un lugar preestablecido, de tal manera que el mismo pueda ser tomado en la posición requerida cuando sea necesario. Es un Therblig eficaz, difícil de aislar. Para mejorarlo:

1. Usar dispositivos de fijación.
2. Suspender las herramientas por medio de dispositivos adecuados.

Sostener. Ocurre cuando una mano soporta o mantiene control mientras la otra mano efectúa trabajo productivo. Comienza en el instante en que se ejerce control sobre el objeto y finaliza en el instante en que la otra mano completa su trabajo sobre el objeto. Es un elemento ineficaz y siempre debemos tratar de eliminarlo. Para ello se recomienda:

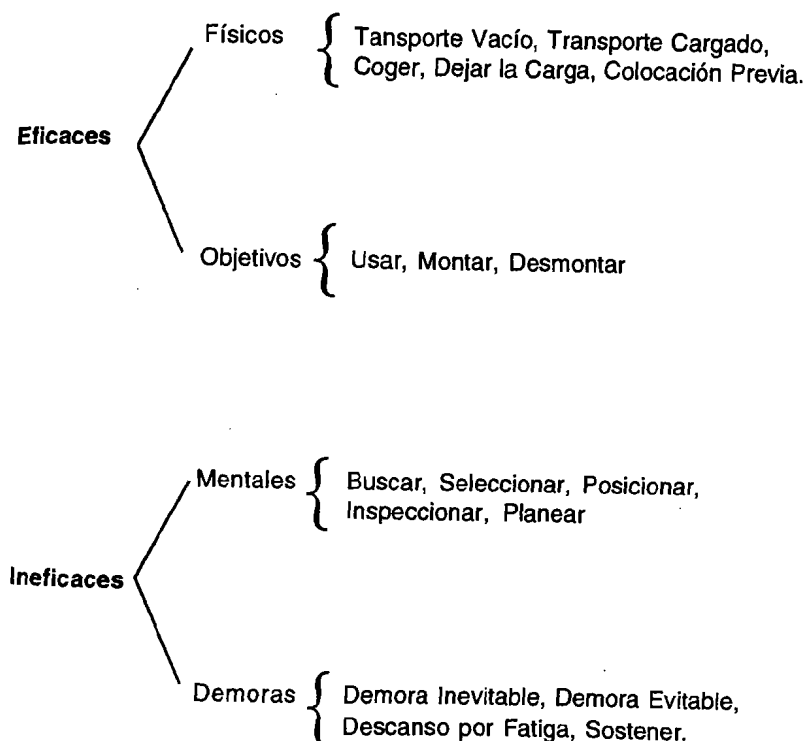
1. Usar fricción.
2. Usar dispositivos magnéticos.
3. Usar dispositivos de fijación.

- m. **Planear.** Es un proceso mental durante el cual el operario hace una pausa para decidir sobre la próxima acción a realizar. Es un Therblig ineficaz que desaparece a medida que se adquiere práctica en la ejecución de trabajo.

- n. **Demora Evitable.** Cualquier tipo de interrupción en la ejecución de la tarea atribuible directamente al operario. Es un Therblig ineficaz.
- o. **Demora Inevitable.** Es una interrupción en la continuidad de la operación, pero que está fuera del control del operario. Para eliminar este Therblig habría que cambiar de alguna manera el método o el proceso. Es un Therblig ineficaz.
- p. **Inspeccionar.** Es el elemento que tiene lugar cuando el propósito predominante es comparar algún objeto con un estándar o patrón. Es fácil de identificar ya que los ojos estarán enfocados hacia el objeto y se nota una demora en la ejecución de los movimientos mientras la mente decide si aceptar o rechazar la parte en cuestión. Es un Therblig ineficaz. Para mejorar la inspección es necesario:
1. Ver si se puede eliminar o combinar con otro Therblig.
 2. Averiguar los efectos de mejorar la iluminación.
 3. Estudiar la posibilidad de emplear células fotoeléctricas o dispositivos similares.
 4. Analizar si se está usando el mejor método de inspección.
- q. **Descanso para vencer la fatiga.** Esta es una demora que normalmente no aparece en cada ciclo, pero que se evidencia periódicamente cuando el operario descansa para recuperarse de la fatiga causada por el trabajo. Este es un Therblig ineficaz y para reducir su ocurrencia debemos considerar:
1. Si se están usando movimientos del menor orden posible.
 2. Si las condiciones de trabajo son apropiadas.
 3. La altura de los asientos en relación a la altura de las mesas.
 4. La posibilidad de introducir dispositivos mecánicos, cuando se manejan cargas pesadas.

B. Clasificación de los Therbligs.

THERBLIGS



C. Diagrama SIMO

Es la representación sobre una escala de tiempo de los Micro-movimientos efectuados por ambas manos del operario cuando éste ejecuta una tarea manual.

Construcción del Diagrama SIMO.

El diagrama SIMO es básicamente similar al diagrama del Operador en cuanto a que ambos contienen los movimientos de las manos del operario. Sin embargo en el Diagrama del OPERADOR SE REPRESENTAN COMBINACIONES DE Therbligs, mientras que en el SIMO se representan Therbligs y además en este último se utiliza una escala de tiempo. Estos tiempos son obtenidos a partir de la filmación de la operación, la cual es luego proyectada cuadro a cuadro con un proyector especial a fin de definir cada Therblig y su tiempo de ejecución.

En la figura 17 se presenta un formato utilizado para construir el diagrama SIMO.

DESCRIPCION DEL FORMATO

1. En la parte superior el formato lleva la identificación "Diagrama SIMO".
2. En la esquina superior derecha se indica el número de la página y el total de páginas que consume la representación.

Ej: Pag 1 de 2

Especifica que es la primera página de un total de dos.

3. También se describe el nombre y número de la operación, el nombre de la parte que se procesa, el nombre y número del operario filmado, el nombre de la persona que elaboró el Diagrama y la fecha de elaboración.
4. El cuerpo del Diagrama SIMO tiene dos columnas; una para la mano izquierda y otra para la mano derecha, en las cuales se va haciendo la descripción de los movimientos, indicando sobre la columna de símbolos la clasificación que se le haya dado. En la columna T se anota el tiempo consumido por el Therblig. La columna "Escala" sirve para indicar el tiempo transcurrido trazando una línea horizontal.

Diagrama Simo

Pag ____ De ____

Operación:						
Parte:						
Operario:						
Elaborado por:			Fecha:			
MANO IZQUIERDA	SMB.	T	ESCALA	T	SMB.	MANO DERECHA

Figura 17

Usos del Diagrama de SIMO.

El Diagrama SIMO es una herramienta útil para:

1. Eliminar los Therbligs ineficaces
2. Acortar la duración de los Therbligs eficaces
3. Balancear el trabajo de ambas manos del operario.
4. "Vender" el Método Propuesto.

V. ANALISIS DE ACTIVIDADES MULTIPLES

Una Actividad Múltiple se define como el trabajo coordinado de un hombre con uno o más hombres, o con una o varias máquinas; o de varios hombres con varias máquinas, siempre para lograr un objetivo común. (Es decir, formando un Sistema en el cual cada hombre o cada máquina constituye uno de sus componentes).

A través del análisis de actividades múltiples se busca obtener un sistema más eficiente con el máximo aprovechamiento de cada uno de sus componentes de acuerdo a sus capacidades y a sus costos.

Las herramientas utilizadas para analizar estos sistemas son los Diagramas de Actividades Múltiples, los cuales en general son una representación sincronizada de los diagramas individuales de hombres y máquinas mostrando claramente la interrelación que existe entre las actividades que realizan para alcanzar el objetivo común. Los diferentes sistemas compuestos por hombres y máquinas que podemos encontrar son:

1. **Hombre - Máquina.** Un hombre y una máquina trabajando en forma coordinada para lograr un objetivo. El término máquina se refiere a cualquier dispositivo mecánico activado y controlado por el hombre. La herramienta utilizada para representar y analizar este sistema es el Diagrama Hombre-Máquina.
2. **Hombre - Multimáquina.** Un hombre y dos o más máquinas trabajando en forma coordinada para lograr un objetivo. La herramienta de análisis utilizada es el Diagrama Hombre-Máquinas.
3. **Cuadrilla.** Dos o más hombres trabajando en forma coordinada para lograr un objetivo (sin máquinas), La herramienta de análisis utilizada es el Diagrama de Cuadrillas.
4. **Cuadrilla - Máquina.** Dos o más hombres trabajando coordinadamente con una máquina para lograr un objetivo. La herramienta de análisis utilizada es una combinación de Diagrama de Cuadrillas con Diagrama Hombre - Máquina.
5. **Cuadrilla - Multimáquina.** Dos o más hombres con dos o más máquinas trabajando en forma coordinada para lograr un objetivo. La herramienta de análisis utilizada es una combinación de Diagrama de Cuadrillas con Diagrama Hombre-Máquinas.

SISTEMA

Hombre - máquina

Hombre - multimáquina

Cuadrilla

Cuadrilla-máquina

Cuadrilla-multimáquina

HERRAMIENTA DE ANALISIS

Diagrama Hombre-máquina

Diagrama Hombre-máquinas

Diagrama de Cuadrillas

Combinación de D. de Cuadrilla
y D. Hombre-máquina.Combinación de D. de Cuadrilla
y D. Hombre-máquinas.

Mediante los Diagramas de Actividades Múltiples se intenta mejorar la eficiencia de los componentes del sistema, eliminando ocios, demoras innecesarias, eliminando, combinando o cambiando de posición actividades y redistribuyendo las asignaciones de trabajo.

1. DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA (u Operador-máquina).

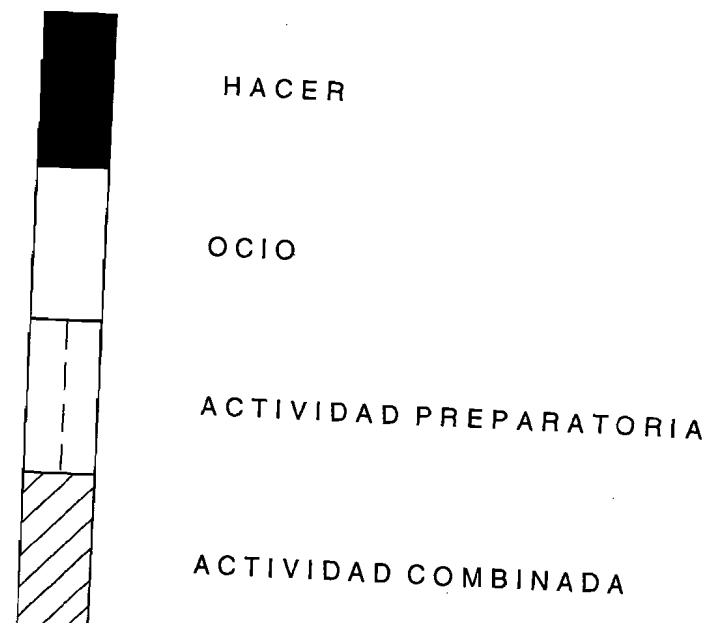
Es la representación sobre una escala de tiempo de la secuencia sincronizada de actividades realizadas por el hombre y por la máquina que él opera.

Mientras los diagramas de Flujo, del Proceso y de Operaciones o Proceso se usan principalmente para explorar un proceso completo o una serie de operaciones, el Diagrama Hombre-máquina, al igual que el Diagrama del Operador, se utiliza para estudiar, analizar, mejorar un sólo centro de trabajo. Este diagrama muestra la relación exacta entre el ciclo de trabajo del hombre y el ciclo de trabajo de la máquina que él opera.

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA.

El Diagrama Hombre-máquina debe hacerse a escala, representando el tiempo de duración de cada actividad.

Los símbolos a utilizar son:

**Figura 18**

Hacer. Representa la actividad productiva (que conlleva directamente al logro del objetivo perseguido). Por ejemplo: retirar la pieza procesada es un HACER para el operario, el maquinado es un HACER para la máquina.

Ocio. Es la inactividad de cualquier componente del sistema. Por ejemplo en una máquina totalmente automática el operario permanece en ocio mientras la máquina está "haciendo".

Preparación. Son todas las actividades necesarias para alistar lo concerniente para realizar el trabajo, o aquellas efectuadas para retirar el trabajo una vez procesado. Por ejemplo: Prender la máquina, colocar la pieza en la mordaza y ajustar el cero de la máquina, son actividades preparatorias para la máquina (sin embargo, para el hombre, se clasificarían como "Hacer").

Actividad Combinada. Sirve para representar aquellas situaciones en las cuales el hombre tiene que dirigir el trabajo de la máquina

DIAGRAMA DEL OPERADOR - MAQUINA

Operación: _____
 Máquina tipo: _____
 Departamento: _____
 Método: Actual _____ Propuesto _____

Pag. No. _____ de _____
 Fecha: _____
 Hecho por: _____

OPERADOR				MAQUINA							
				10 20 30 40 50 60 70 80 90							
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO		ACCION		OCIO		UTILIZACION			
ACTUAL	PROP.	ACTUAL	PROP.	ACTUAL	PROP.	ACTUAL	PROP.	ACTUAL	PROP.		
OPERADOR											
MAQUINA											

Figura 19

y por lo tanto ambos trabajan en forma conjunta. Por ejemplo: cuando el hombre trabaja con el taladro neumático rompiendo las calles.

En la figura 19 se presenta un formato utilizado para construir el Diagrama Hombre-máquina,

DESCRIPCION DEL FORMATO

- La parte superior lleva:
 - TITULO: Diagrama del Operador-Máquina
 - Pag. ___ de ___ con lo cual se indica el número total de hojas que contiene la representación.
 - La información sobre el tipo de máquina utilizada.
 - La fecha de elaboración del Diagrama
 - El departamento al cual pertenece el área de trabajo donde se hizo el Estudio.
 - El nombre de la persona que hizo el Diagrama.
 - Indicación de si el Diagrama corresponde al Método Actual o al Propuesto.
- El Cuerpo del Diagrama está dividido en tres columnas. La columna de la izquierda contendrá la descripción de las actividades realizadas por el operario junto con su símbolo.
 La columna central es una escala de tiempo para indicar la duración de cada actividad.
 La columna de la derecha contendrá la descripción de las actividades realizadas por la máquina, sincronizadas con respecto a aquellas realizadas por el operario, junto con su símbolo.
 Estas descripciones deben ser breves, pero lo más explicativas posible; es decir, no basta con escribir en la columna del operario: Prepara máquina. Habría que describir también someramente en qué consiste dicha preparación.
- La parte inferior del formato contiene el Resumen, en el cual se expresa el rendimiento de cada uno de los componentes del sistema; además ayuda en la "venta" del Método Propuesto. Este Resumen contiene:

El Tiempo del Ciclo; es decir el tiempo del ciclo "representativo", el cual se repetirá continuamente a lo largo de la ejecución de la tarea. El Diagrama es una herramienta que permite encontrar

dicho ciclo. Por lo general el primer ciclo que se grafica no es representativo. Se sabe que lo hemos encontrado cuando la secuencia se estabiliza, repitiéndose todas las actividades en el mismo orden.

La Acción; es decir, el tiempo eficaz utilizado por el operario o por la máquina.

Es conveniente separar la Preparación de la Acción. El Preparar y el Retirar sólo incrementan el tiempo total, sin añadir ventajas a los resultados finales, por lo cual siempre se debe intentar reducir su tiempo al mínimo. Es recomendable entonces incluir este tiempo junto con el tiempo de ocio absoluto, y de esa manera se llama la atención del Analista hacia él. (Si lo consideramos dentro de la Acción, se está sobreestimando erróneamente la eficiencia de la máquina).

La Utilización; es decir, la Acción dividida por el Tiempo del Ciclo.

En la figura 20 se presenta un ejemplo de construcción de un Diagrama Hombre-máquina. El ciclo indicado es el representativo. La utilización del operario es del 40%, mientras que la máquina se utiliza en un 60%. Observando esta situación surge entonces la interrogante de si no sería posible asignar otra máquina al operario. Esto podríamos averiguarlo utilizando como herramienta el Diagrama Hombre-Máquinas.

1.1. Diagrama Hombre-Máquinas (u Operador-Máquinas)

Es una variante del diagrama Hombre-máquina, pero es un modelo que representa las actividades de un sistema compuesto por un hombre manejando varias máquinas.

Las máquinas pueden ser iguales o distintas.

En la figura 21 se presenta un formato utilizado para la construcción del Diagrama Hombre-Máquinas.

Utilizando los mismos tiempos de la figura 20 podemos dar el ejemplo de construcción del diagrama Hombre-máquinas y a la vez demostrar su utilización, para determinar si es conveniente o no asignar otra máquina al operario.

DIAGRAMA DEL OPERADOR-MAQUINA

Operación Fresado de Ranura Central Pág. Nº 1 de 1
Máquina tipo VUXP Fecha 04-06-89
Departamento Mecanizado Hecho por Pedro Alvarez
MÉTODO: ACTUAL----- PROPUESTO-----

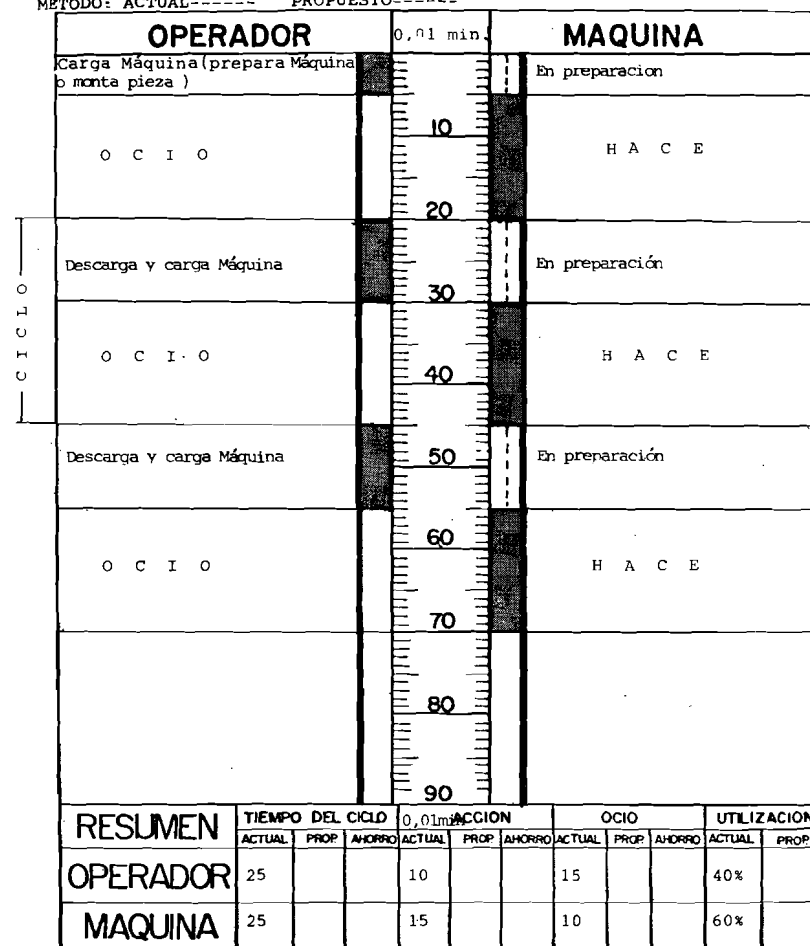


Figura 20

DIAGRAMA DEL OPERADOR - MAQUINAS

Operación: _____ Pag. _____ de _____
 Máquina tipo: _____ Fecha: _____
 Departamento: _____ Hecho por: _____
 Método Actual _____ Propuesto _____

OPERADOR		MAQUINA										
		1			2			3				
	10											
	20											
	30											
	40											
	50											
	60											
	70											
	80											
	90											
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO			ACCION			OCIO			UTILIZACION	
		ACTUAL	PROP.	ANORRO	ACTUAL	PROP.	ANORRO	ACTUAL	PROP.	ANORRO	ACTUAL	PROP.
OPERADOR												
MAQUINA	1											
	2											
	3											

Figura 21

En la figura 22 se presenta el diagrama Hombre-máquinas para el ejemplo en cuestión. Se considera que el tiempo que consume el operario en ir de una a otra máquina es de 0,05 minutos.

Observando el Resumen, después de construir el Diagrama para un operario y dos máquinas, notamos que la utilización del operario aumentó de 40% a 66,6% (el ir de una máquina a otra, por razones similares a las dadas para el tiempo de preparación de las máquinas, ha sido incluido dentro del tiempo de ocio del operario). Pero sin embargo, la utilización individual de las máquinas disminuyó de 60% a 50%. Decidir cual de los dos arreglos es el más indicado supone hacer un estudio de costos, comparando en cada caso el costo por pieza resultante para escoger el menor.

Supóngase que se produce una pieza en cada ciclo y que se tienen los siguientes datos de costos:

Costo de	Bs/hora
Máquina parada	80
Máquina funcionando	140
Operario	60

El costo total por pieza para el primer caso sería: Bs. 0,733 y en el segundo caso: Bs. 0,65.

Por lo tanto sería más favorable el arreglo de un operario manejando las dos máquinas.

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

Operación Fresado Ranura Central Pág. 1 de 1
Máquina tipo VUXP Fecha 05-07-89
Departamento Mecanizado Hecho por Pedro Alvarez
MÉTODO : ACTUAL----- PROPUESTO-----

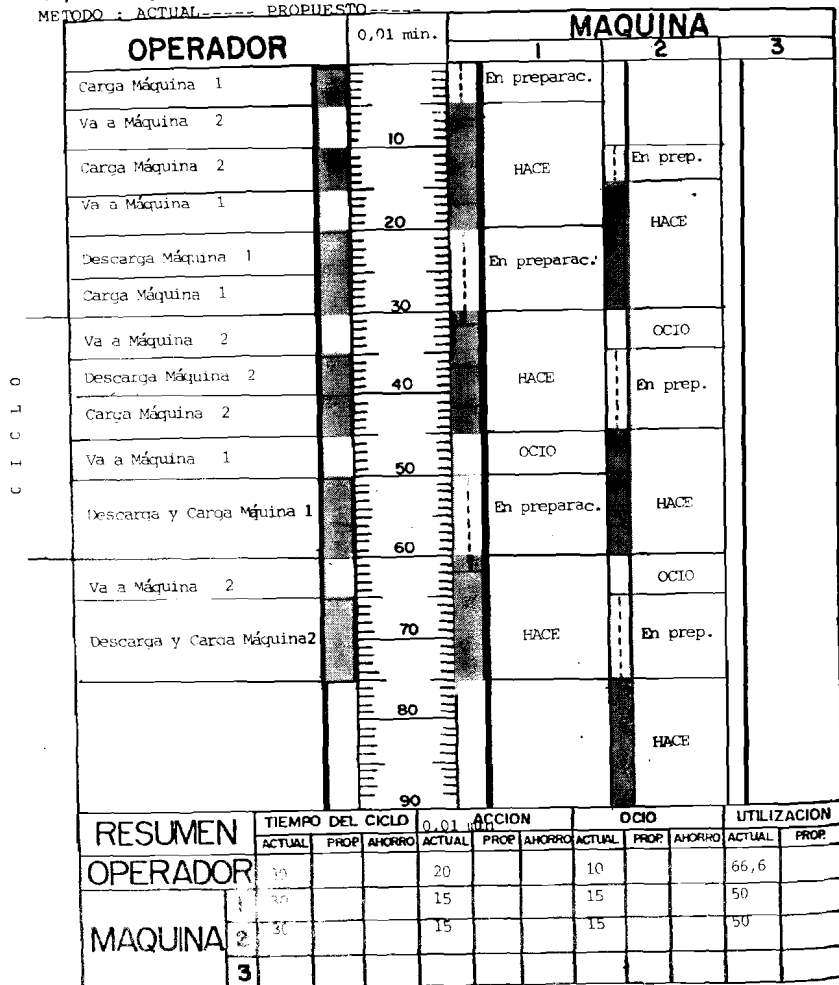


Figura 22

USOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA.

1. El análisis del Diagrama permite ver si es posible eliminar, combinar, o cambiar de posición las actividades de los componentes del sistema a fin de reducir el tiempo total del ciclo.
2. Un gran número de máquinas existentes hoy en día son completamente automáticas, lo cual permite que el operario permanezca ocioso durante el tiempo de trabajo de la máquina. Mediante la utilización del Diagrama Hombre-Máquina se puede estudiar la posibilidad de asignarle a dicho operario más de una máquina.
3. Calculado el tiempo del ciclo podemos estimar nuestra capacidad de producción, determinar el número de operarios y de máquinas necesarios para cubrir cierta producción. También podemos determinar nuestro costo unitario por pieza producida y el "arreglo" (combinación de hombres y máquinas) más económico.

PROBLEMA

Se tiene una tostadora eléctrica como la representada en la figura:

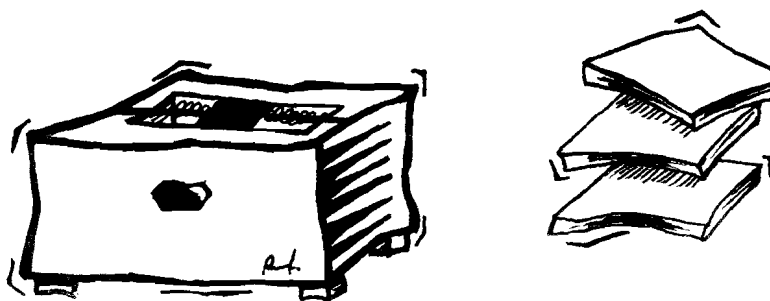


Figura 23

Cada lado opera independientemente del otro. Un resorte hace que

haya que sostener un lado para mantenerlo abierto mientras se introduce el pan.

Hay que tostar 3 rebanadas de pan por sus dos caras y se quiere encontrar el método mejor para realizarlo.

Se puede tostar una cara de dos panes distintos a la vez.

Datos: (supuestos)

Colocar una rebanada	5 seg.
Tostar un lado	15 "
Dar la vuelta al pan	3 "
Sacar la tostada	5 "

En la figura 24 se representa un método para llevar a cabo la operación, y en la figura 25 se representa el mejor método.

2. DIAGRAMA DE CUADRILLAS.

Es la representación gráfica, sobre una escala de tiempos, de las actividades realizadas por un grupo de personas que persiguen un fin común, como lo es la ejecución de una tarea.

En esencia es una composición de los Diagramas del Proceso tipo Hombre de cada uno de los integrantes del grupo, dispuestos de tal forma que permitan un análisis minucioso de las actividades de cada miembro de la "Cuadrilla" respecto a las de los otros. En la misma línea horizontal se indican las actividades realizadas simultáneamente por la cuadrilla.

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA DE CUADRILLAS

El Diagrama se construye sobre una escala de tiempos y se utilizan los mismos símbolos del Diagrama del Proceso para identificar las cinco actividades básicas (Operación, Transporte, Inspección, Espera, Almacenamiento). A cada actividad imputable a un determinado operario se le asigna un número distinto, el cual se repetirá tantas veces como lo requiera el tiempo total consumido por la actividad en concordancia con la escala seleccionada. Cada unidad de tiempo de ejecución de la actividad de acuerdo con la escala, recibe el nombre de "Paso".

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

Operación: Tostar tres rebanadas de pan Pág. 1 de 1
 Máquina tipo: Tostadora Fecha: 02-10-89
 Departamento: Hecho por: José Silva
 Método: ACTUAL - X - PROPUESTO

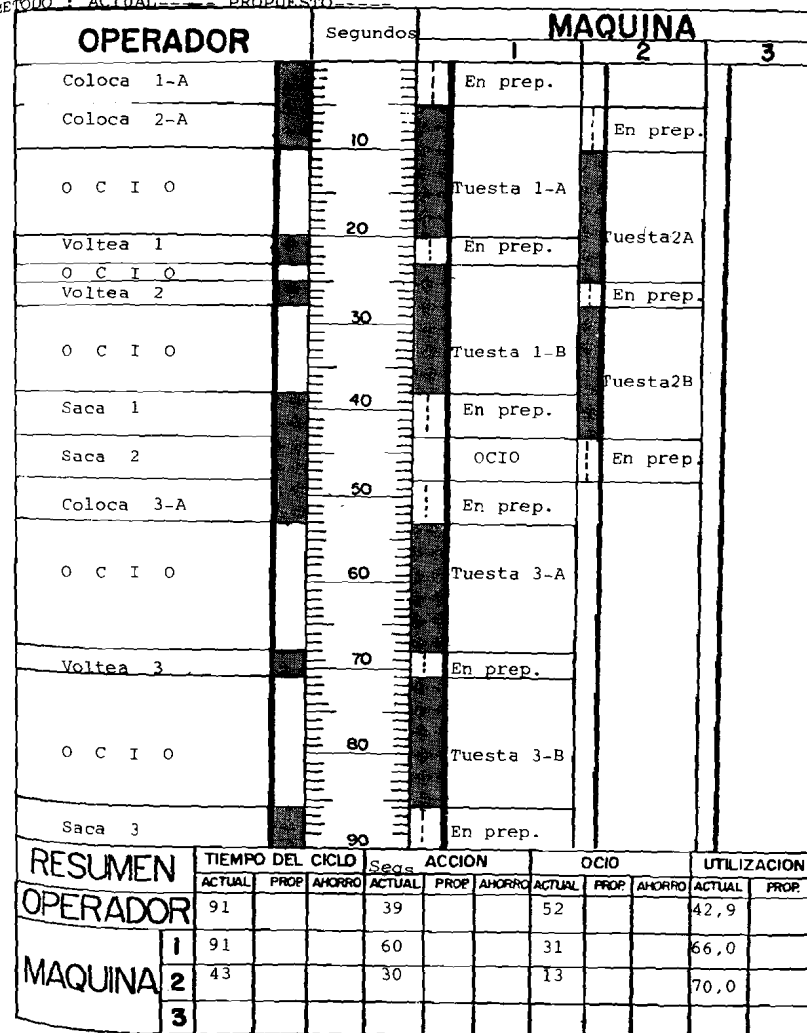


Figura 24

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

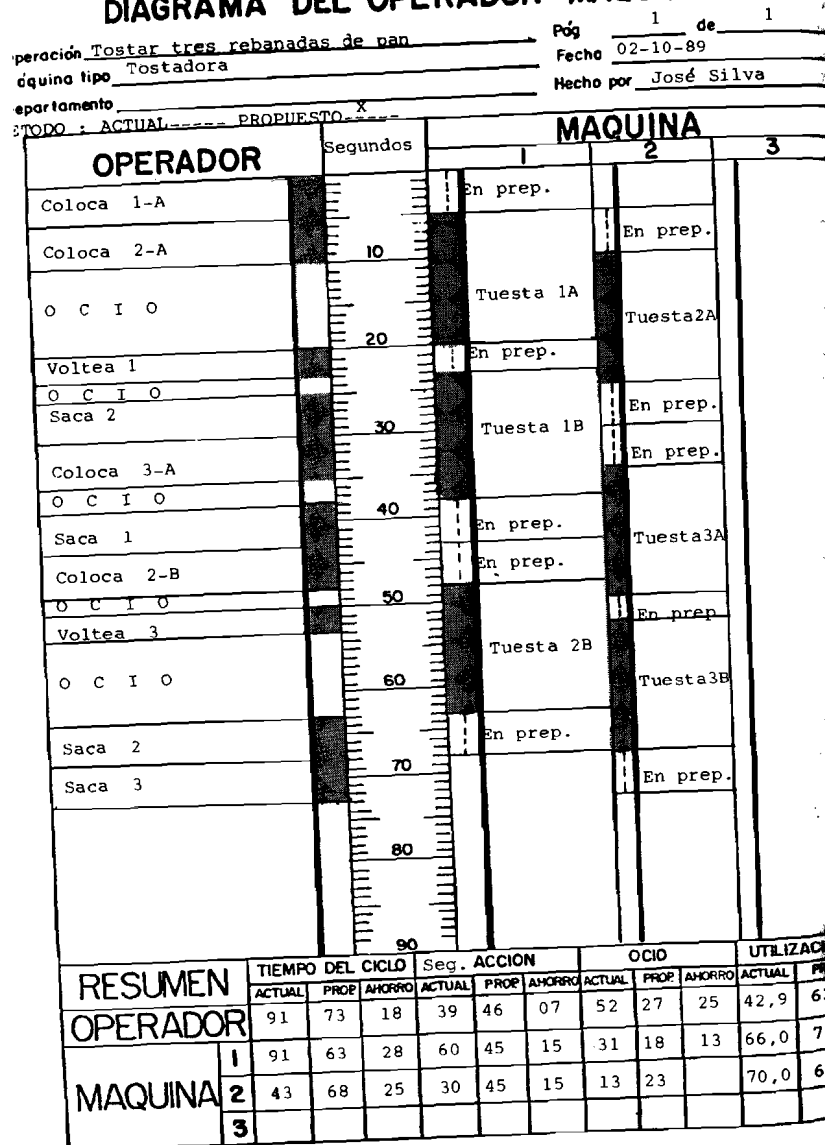


Figura 25

El Diagrama debe cubrir un ciclo completo del miembro que ejecute el mayor número de pasos. Otros miembros del grupo pueden repetir sus ciclos durante este tiempo.

Las actividades que no ocurren en todos los ciclos pueden omitirse, pero no deben confundirse con aquellas que ocurren con cierta periodicidad, las cuales por supuesto, sí se incluirán. Los diagramas correspondientes a cada uno de los integrantes de la cuadrilla reciben el nombre de Diagramas Hermanos.

En la figura 26 se presenta un formato utilizado para la construcción del Diagrama de Cuadrillas.

DESCRIPCION DEL FORMATO.

- La parte superior lleva:
 - Título: Diagrama de Cuadrillas.
 - Nombre de la operación que se realiza.
 - Nombre o denominación de la cuadrilla.
 - Grupo de operarios para indicar el número de integrantes de la cuadrilla.
 - La fecha de construcción del Diagrama.
 - La indicación de si la representación corresponde al Método Actual o al Propuesto,
 - El nombre del Analista que hace el Diagrama.
 - El cuerpo del Diagrama está dividido en tres secciones. La primera columna (N°) sirve para asignar a cada actividad un número. En la columna "Descripción" se describe la actividad realizada. Conviene incluir aquí el símbolo que indica la clase de actividad y el tiempo de ejecución de la misma. La tercera sección contiene provision para representar los Diagramas Hermanos de 1 hasta 12 operarios.
- Cada uno de los operarios tiene asignada una letra de la A a la L. Cada cuadro, o división, corresponde a la escala de tiempo utilizada.
- En la parte inferior izquierda está la sección observaciones, en la cual se indica la escala utilizada y cualquier otro hecho relevante. En la parte inferior derecha se encuentra el resumen, en el cual se indica el número de unidades procesadas (cajas,

DIAGRAMA DE CUADRILLAS

[illegible]**Figura 26**

sacos, piezas, etc.) en un ciclo y el número de pasos necesarios para completar una unidad tanto para el Método Actual como para el Método propuesto. Los pasos por unidad se obtienen dividiendo el número de unidades de tiempo-hombre por ciclo entre el número de unidades procesadas por ciclo

USOS DEL DIAGRAMA DE CUADRILLAS.

1. Para establecer el tiempo del ciclo de operación.
2. Para analizar las actividades del grupo, lo cual permite determinar cuál es el integrante que más trabaja y cuál es el que menos trabaja.
3. Permite hacer una redistribución de las tareas, con la finalidad de reducir las demoras y balancear las asignaciones de trabajo de cada uno de los integrantes de la cuadrilla.

EJEMPLO

Tres operarios trabajan en un departamento de envasado de harina. Las operaciones que se ejecutan en dicho departamento son: Llenado de sacos, transporte de los sacos a la balanza, ajuste del peso agregando o retirando harina, llevar los sacos al depósito, rotularlos y finalmente almacenarlos.

El primer operario ejecuta la función de llenado durante cuatro minutos; transporta a la balanza en dos minutos y retorna a la llenadora en un minuto. Una vez que el saco está en la balanza, el segundo operario ajusta el peso durante dos minutos, lleva los sacos al depósito en tres minutos y regresa a la balanza en dos minutos. El tercer operario, luego que el saco es dejado en el depósito, lo rotula durante tres minutos y luego lo almacena, tomándose tres minutos más para ello. Determinar: El tiempo del ciclo; y el porcentaje de ocupación de cada uno de los operarios.

SOLUCION

En la figura 27 se hace la representación de las actividades de esta cuadrilla de tres operarios. El Diagrama nos permite obtener la siguiente solución:

Tiempo del ciclo: 07 minutos

Pasos por ciclo: 7 min. X 3 hombres = 21 minutos-hombre

Rendimiento Operario: $A\ 7/7 = 100\ \%$

DIAGRAMA DE CUADRILLAS

Operación: Envasado de Harina

Fecha: 5-8-87.

Método: Actual

Dpto.: Cuadrilla: Grupo de 3 Operarios Hecho por José Pérez

Nº	DESCRIPCION	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Llenar sacos ○	1											
2	Transportar sacos llenos a balanza →	1											
3	Ajustar el peso ○	1											
4	Llevar sacos al depósito	1											
5	Rotular sacos ○	2											
6	Almacenar sacos ▽	2											
7	Regreso a llenadora ⇨	7	3										
8	Regreso a Balanza ⇨	1	3										
9	Demora D	1	4										
		1	4										
		1	4										
		2	8	5									
		2	8	5									
		7	3	5									
	C I C L O	1	3	6									
		1	4	6									
		1	4	6									
		1	4	9									
		2	8	5									
		2	8	5									
		7	3	5									
		1	3	6									
		1	4	6									
		1	4	6									
		1	4	9									
		2	8	5									
		2	8	5									
		7	3	5									
Observaciones: Cada división = 1 minuto.													
Operarios: A, B y C													

Rendimiento Operario B:

7/7 = 100 %

Rendimiento Operario C:

6/7 = 86 %

VARIANTES DEL DIAGRAMA DE CUADRILLAS

En el Diagrama de Cuadrillas se representan solamente actividades de personas, pero puede suceder que nos encontremos con casos como: Varios hombres trabajando en forma conjunta con una máquina (formando un sistema) o varios hombres trabajando en forma conjunta con varias máquinas o con partes de una máquina, a cada una de las cuales sirven en forma independiente.

Para analizar el primer caso podemos combinar un Diagrama de Cuadrillas con un Diagrama Hombre-Máquina. Es decir, tendríamos entonces un Diagrama Hombre-Máquina en el cual en la columna correspondiente al Hombre, se representarán las actividades de diferentes hombres. Para el segundo caso combinamos un Diagrama de Cuadrillas con un Diagrama Hombre-Máquinas.

3. TECNICAS CUANTITATIVAS PARA RELACIONES HOMBRE-MAQUINA.

El Diagrama Hombre-Máquina permite determinar el número de facilidades posibles de ser manejadas por un operario. Sin embargo estos problemas, llamados en forma general de "Asignación de Máquinas", pueden a menudo resolverse mucho más rápido mediante el desarrollo de un modelo matemático.

Las relaciones Hombre-Máquina usualmente se corresponden con uno de los siguientes tipos:

- A. Servicio sincrónico
- B. Servicio completamente aleatorio
- C. Combinación de servicio sincrónico y aleatorio.

A. Servicio Sincrónico.

Constituye el caso ideal, en el cual existe certidumbre sobre cuándo la máquina requerirá de los servicios del operario y cuánto tiempo va a tardar dicho operario atendiéndola. (La atención puede consistir en prender o apagar la máquina, montar o desmontar la pieza, etc.).

En la figura 28 se presenta un Diagrama de un hombre manejando tres máquinas fresadoras. El sistema representado es del tipo descrito. Si llamamos "N" el número de máquinas que puede atender el operario, "O" el tiempo de servicio por máquina y "M" el tiempo de maquinado, veremos que el tiempo del ciclo del operario viene dado por (N.O); y el de las máquinas es (O + M). Para que no haya ocio ni del operario ni de las máquinas, debe cumplirse que el tiempo del ciclo del operario sea igual al tiempo del ciclo de las máquinas; es decir:

$$N.O = O + M$$

de allí que el número de máquinas que podrá manejar un operario (sin que haya ocio) vendrá dado por:

$$N = \frac{O + M}{O}$$

Por ejemplo, si nos planteáramos el problema de la figura 28 como:

Determinar el número de máquinas semi-automáticas que podrían asignarse a un operario si se dispone de los siguientes datos:

Actividad **Tiempo (minutos)**

Descargar y cargar máquina 1,0

Maquinado semiautomático 2,0

$$N = \frac{1+2}{1} = 3$$

El resultado como vemos coincide con el obtenido mediante el Diagrama Hombre-Máquinas.

En el modelo presentado se ha despreciado el tiempo de desplazamiento entre una y otra máquina. En el caso de considerarlo (y suponiéndolo igual para todas las máquinas, como en la figura 29, el tiempo del ciclo del operario se hará igual a N (O + d) siendo "d" el tiempo de desplazamiento por máquina; y el número de máquinas que pueden asignársele será:

$$\frac{O + M}{O + d}$$

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

Operación MAQUINADO Pág 1 de 1
Máquina tipo FRESADORA PVR Fecha 05-09-89
N.O = O + M Hecho por Luis Peleáez
MÉTODO : ACTUAL----- PROPUESTO-----

OPERADOR		1 div. = 0,1 min.		MAQUINA								
				1			2			3		
Descarga y Carga Máquina 1		10		En prep.								
Descarga y Carga Máquina 2		20		HACE			En prep.					
Descarga y catga Máquina 3		30					HACE			En prep.		
Descarga y Carga Máquina 1 (0)		40		En prep. (0)						HACE		
Descarga y Carga Máquina 2		50		HACE			En prep.					
Descarga y carga Máquina 3		60		(M)						En prep.		
Descarga y Catga Máquina 1		70		En prep.			HACE			HACE		
Descarga y Carga Máquina 2		80		HACE			En prep.					
Descarga y Carga Máquina 3		90								En prep		
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO 0,01m			ACCION			OCIO			UTILIZACION	
		ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP
OPERADOR		30			30			0			100	
MAQUINA	1	30			20			10			66,6	
	2	30			20			10			66,6	
	3	30			20			10			66,6	

Figura 28

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

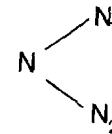
Operación MAQUINADO Pág. 1 de 1
 Máquina tipo TORNO X2765 Fecha 09-12-89
 $N(O + d) = M + O$ Hecho por Jaime Armas

METODO: ACTUAL ----- PROPUUESTO

OPERADOR	1 div. = 0.1 min.	MAQUINA					
		1	2	3			
Descarga y Carga Máquina 1		En prep.					
Va a Máquina 2	10						
Descarga y Carga Máquina 2	20		En prep.				
Va a Máquina 3		HACE					
Descarga y Carga Máquina 3	30			En prep.			
Va a Máquina 1			HACE				
Descarga y Carga Máquina 1 (O)	40	En prep (O)					
Va a Máquina 2 (d)	50			HACE			
Descarga y Carga Máquina 2			En prep.				
Va a Máquina 3	60	HACE					
Descarga y Carga Máquina 3	70	(M)		En prep.			
Va a Máquina 1			HACE				
Descarga y Carga Máquina 1	80	En prep.					
	90			HACE			
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO 0.1 m. ACCION			OCIO		
		ACTUAL	PROP	AMORRO	ACTUAL	PROP	AMORRO
OPERADOR		36			30		06
MAQUINA	1	36			26		10
	2	36			26		10
	3	36			26		10
							93,4
							72,3
							72,3
							72,3

Figura 29

Si las expresiones anteriores no dan como resultado un número entero, habrá dos alternativas: o asignarle al operario el número de máquinas representado por el entero inmediatamente inferior (que denominaremos N_1) o asignarle el número de máquinas que corresponde al entero inmediato superior (que denominaremos N_2)



Si se le asigna al operario N_1 máquinas, estará manejando menos facilidades físicas de las que él es capaz de operar; por lo tanto permanecerá en ocio durante parte de su ciclo. Pero si se le asignan N_2 máquinas se estará superando la capacidad de atención que tiene el operario, de allí que serán las máquinas las que estarán en ocio durante algún tiempo al no poder ser atendidas cuando lo requieran. Para decidir cuál es la asignación más conveniente se recurre al criterio económico.

Caso 1.

$$N_1 < \frac{O + M}{O + d}$$

En este caso el ciclo del sistema estará determinado por el tiempo del ciclo de la máquina ($O + M$), ya que el operario tendrá un cierto tiempo de ocio.

El costo total, (CT) imputable al sistema viene dado por:

CT = Costo de mano de obra + Costo de las máquinas.

Llamando:

K_1 = Rata de pago del operario (Bs / Hora-H.)

K_2 = Rata de pago de la máquina (Bs / Hora-maq.)

Tendremos:

Costo de la mano de obra: $K_1 (O + M)$

Costo de las máquinas: $K_2 N_1 (O + M)$

$$CT = K_1 (O + M) + K_2 N_1 (O + M)$$

Si cada máquina produce una pieza por ciclo, el costo unitario por pieza (CU) será:

$$CU = \frac{(O + M) (K_1 + N_1 K_2)}{N_1}$$

Caso 2.

$$N_2 > \frac{O + M}{O + d}$$

En este segundo caso el ciclo del sistema estará determinado por el tiempo del ciclo del operario $N_2 (O + d)$, ya que las máquinas tendrán cierto tiempo de ocio.

Costo de la mano de obra: $K_1 N_2 (O + d)$

Costo de las máquinas: $K_2 N_2^2 (O + d)$

$$CT = K_1 N_2 (O + d) + K_2 N_2^2 (O + d)$$

$$CU = \frac{N_2 (O + d) (K_1 + K_2 N_2)}{N_2} = (O + d) (K_1 + K_2 N_2)$$

El número de máquinas a asignar dependerá de cual de los dos cálculos proporcione el menor costo total por pieza.

PROBLEMA

Una empresa ha recibido la solicitud de fabricar 4.350 piezas X, las cuales deberán ser entregadas en 10 días. La fábrica trabaja 8 hs/día y dispone de 10 máquinas y 10 operarios.

Los datos correspondientes a una máquina son:

ACTIVIDAD	TIEMPO (MINUTOS)
Carga y descarga	2
Maquinado automático	3,8

En cada ciclo se produce una pieza.

El tiempo de ir de una a otra máquina es de 0,20 minutos.

El operario gana 90 Bs/hora.

El costo de la máquina funcionando es de 84 Bs/hora y sin funcionar 30 Bs/hora.

Utilizando las herramientas gráficas apropiadas determine el "arreglo" que minimice los costos,

SOLUCION

El "arreglo" se refiere a la combinación de hombres y máquinas necesarios para lograr el objetivo previsto,

Rata de Producción requerida:

$$\frac{4350 \text{ piezas}}{10 \text{ días}} = 435 \text{ piezas/día}$$

Tiempo del ciclo para producir una pieza:

$$O + M = 2 + 3,8 = 5,8 \text{ minutos}$$

Rata de producción por máquina

$$\frac{1 \text{ pieza}}{5,8 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{hora}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{día}} = 82,76 \text{ piezas/día}$$

Número de Máquinas necesarias:

$$\frac{435 \text{ piezas/día}}{82,76 \text{ piezas/día-maq.}} = 5,26 \approx 6 \text{ máquinas}$$

Número de máquinas que puede manejar un operario:

$$N = \frac{O + M}{O + D} = \frac{5,8}{2,2} = 2,63 \begin{matrix} \nearrow 3 \\ \searrow 2 \end{matrix}$$

Un Operario puede manejar 2 ó 3 máquinas.

Con dos máquinas:

$$\text{Tiempo del ciclo} = O + M = 5,8 \text{ minutos.}$$

Costos:

$$\text{M. de Obra: } \frac{90 \text{ Bs.}}{H} \times \frac{5,8 \text{ min}}{2 \text{ piezas}} \times \frac{1 H}{60 \text{ min}} = 4,35 \text{ Bs/pieza}$$

$$\text{Máquinas funcionando: } \frac{84 \text{ Bs.}}{H. \text{ Maq}} \times \frac{2 \text{ maq.}}{2 \text{ piezas}} \times \frac{3,8 \text{ min}}{60} = 5,32 \text{ Bs/pieza}$$

$$\text{Máquinas sin funcionar: } \frac{30 \text{ Bs.}}{H. \text{ Maq}} \times \frac{2 \text{ maq.}}{2 \text{ piezas}} \times \frac{2 \text{ min}}{60} = 1,00 \text{ Bs/pieza}$$

$$\text{Costo total} = (4,35 + 5,32 + 1) \frac{\text{Bs}}{\text{Pieza-Subsistema}} = 10,67 \frac{\text{Bs}}{\text{Pieza-Subsist.}}$$

Arreglo necesario: 3 Hombres
6 Máquinas.

Costo Arreglo: $10,67 \times 3 = 32,01 \text{ Bs/pieza}$

Con tres máquinas.

Construimos un Diagrama Hombre-Máquinas para determinar el tiempo del ciclo. (figura 30)

T del ciclo = 6,6 minutos

Funcionando = 3,8 minutos

Sin funcionar = 2,8 minutos.

Analíticamente también han podido determinarse estos tiempos sabiendo que el tiempo del ciclo será igual a $N(O + d)$.

Costos:

$$\text{M. de Obra: } \frac{90 \text{ Bs.}}{H} \times \frac{6,6 \text{ min}}{3 \text{ piezas}} \times \frac{1 H}{60 \text{ min}} = 3,3 \text{ Bs/pieza}$$

$$\text{Máquinas funcionando: } \frac{84 \text{ Bs.}}{H. \text{ Maq}} \times \frac{3 \text{ maq.}}{3 \text{ piezas}} \times \frac{3,8 \text{ min}}{60} = 5,32 \text{ Bs/pieza}$$

$$\text{Máquinas sin funcionar: } \frac{30 \text{ Bs.}}{H. \text{ Maq}} \times \frac{3 \text{ maq.}}{3 \text{ piezas}} \times \frac{2,8 \text{ min}}{60} = 1,4 \text{ Bs/pieza}$$

$$\text{Costo total} = (3,3 + 5,32 + 1,4) \frac{\text{Bs}}{\text{Pieza-S.S.}} = 10,02 \frac{\text{Bs}}{\text{Pieza-S.S.}}$$

DIAGRAMA DEL OPERADOR-MAQUINAS

Operación _____ Pág. 1 de 1
Máquina tipo _____ Fecha _____
Departamento _____ Hecho por _____
MÉTODO: ACTUAL ~~X~~ PROPUESTO

OPERADOR	1 DIV = 0,20 Min	MAQUINA		
		1	2	3
DESCARGA Y CARGA M1		EN PREP		
va a M2	10			
DESCARGA Y CARGA M2		HACE	EN PREP	
va a M3	20			
DESCARGA Y CARGA M3			HACE	EN PREP
va a M1	30	OCIO		
DESCARGA Y CARGA M1		EN PREP		
va a M2	40		OCIO	HACE
DESCARGA Y CARGA M2		HACE	EN PREP	
va a M3	50			OCIO
DESCARGA Y CARGA M3			HACE	EN PREP
va a M1	60	OCIO		
DESCARGA Y CARGA M1		EN PREP		HACE
	70			
	80	HACE		
	90			

RESUMEN	TIEMPO DEL CICLO (Min)			ACCION			OCIO			UTILIZACION	
	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP
OPERADOR	6,6										
MAQUINA	1	6,6									
	2	6,6									
	3	6,6									

Figura 30

Arreglo necesario: 2 Hombres
6 Máquinas.

Costo Arreglo: $10,02 \times 2 = 20,04$ Bs/pieza

Mejor Arreglo: Dos Hombres. Cada uno maneja tres máquinas.

B. Servicio completamente aleatorio.

Se refiere a situaciones de incertidumbre. No se sabe cuándo la facilidad necesitará ser servida ni cuánto tiempo tomará servirla. Usualmente pueden determinarse valores promedio mediante registros históricos y basados en ellos estudiar las posibilidades de ocurrencia de los eventos que suceden. Esto nos permite utilizar un modelo probabilístico.

Si denominamos p la probabilidad de que la máquina esté funcionando, la probabilidad de que la máquina esté parada o sin funcionar será entonces $(1-p)$ ya que este sistema puede estar solamente en dos estados. Podemos utilizar la Distribución Binomial como modelo para la solución de este problema. Dicha distribución nos dice que la probabilidad de que una variable aleatoria X tome los valores k viene dada por:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

$$k = 0, 1, \dots, n$$

O también si llamamos $(1-p) = q$ y expandiendo el binomio $(p+q)^n$ tendremos:

$$(p+q)^n = \binom{n}{0} p^n + \binom{n}{1} p^{n-1}q + \binom{n}{2} p^{n-2}q^2 + \dots + \binom{n}{n} q^n$$

Los términos sucesivos de esta expansión binomial darán una estimación de que 0,1,2,...,n máquinas estén paradas (con n relativamente pequeño) suponiendo que cada máquina se para a intervalos aleatorios durante la jornada de trabajo y que la probabilidad de estar andando es p y la probabilidad de estar parada es q .

EJEMPLO: Determinar la proporción mínima de tiempo de máquina perdido por varios tornos asignados a un operario. Se ha estimado que en el promedio las máquinas operan el 60% del tiempo sin requerir atención. El tiempo de atención a intervalos irregulares es en promedio 40%. El Analista estima que 3 tornos podrían asignarse a un operario.

$$(p+q)^n = (p+q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3$$

$$= (.60)^3 + 3 \times (.60)^2 \times (.40) + 3 (.60) (.40)^2 + (.40)^3 = .216 + .432 + .288 + .064$$

0,216 = probabilidad de que las 3 máquinas estén funcionando (o probabilidad de que cero máquinas estén paradas).

Nº de máquinas paradas	Probabilidad	Horas máquina perdidas por 8 horas/día
0	0,216	0
1	0,432	0
2	0,288	$(1) \times (0,288) \times (8) = 2,304$
3	0,064	$(2) \times (0,064) \times (8) = \frac{1,024}{3,328}$

$$\text{Proporción de tiempo de máquina perdido} = \frac{3,328}{8 \times 3 \text{ H-maq.}} = 13,9\%$$

Cálculos similares pueden hacerse para más o menos máquinas para determinar la asignación que resulta en el menor tiempo perdido. La decisión final puede hacerse considerando el menor costo total esperado por pieza.

$$\text{C.T.E.} = \frac{K_1 + NK_2}{\text{Nº de piezas producidas por hora por las } N \text{ máquinas}}$$

K_1 = Rata horaria del operario

K_2 = Rata horaria de la máquina

N = Nº de máquinas asignadas

Las piezas por hora provenientes de las N máquinas pueden computarse conociendo el tiempo medio de maquinado por pieza, el tiempo promedio de servicio por pieza y, el tiempo de ocio de máquina esperado por hora.

APLICACION DE LA TABLA PARA INTERFERENCIA DE MAQUINAS. CASO ALEATORIO. (22)

El uso de la Tabla puede comprenderse considerando el caso de cuatro telares asignados a un operario. En cada telar se produce el mismo tipo de tela. Por Estudios de Tiempo y estudios de frecuencia se sabe que este producto requiere, en promedio, 1 minuto de servicio por cada 6 minutos de tiempo transcurrido, si el operario atendiese sólo 1 telar, desplazándose desde un punto medio común a todas las máquinas. Así, la carga de trabajo del operario (sobre la base de atención individual) para cada telar es de $1/6$ o 16,67% y su carga de trabajo total será entonces: $4 (1/6) = 66,67\%$. En raras ocasiones todos los 4 telares, ó 3 de ellos, tienen el chance de pararse al mismo tiempo. Y en ocasiones más frecuentes: 2, y ninguno de los telares estará ocioso. Cuando 2 ó más telares se paran al mismo tiempo, todos menos 1 estarán en interferencia. Y a medida que el operario subsecuentemente sirve estos telares, aún otros tienen la posibilidad de demandar servicio y por lo tanto estar en interferencia.

El valor de la interferencia promedio, por telar, para la asignación supuesta puede estimarse de la Tabla, localizando 4 máquinas en la columna "N° de máquinas" y leyendo en las columnas 65 y 70 de "Carga total del Operario sobre base de atención individual". Por interpolación de los valores obtenidos: 5,8 y 6,9%, obtenemos el valor 6,2% como promedio de interferencia por máquina (para 66,67%). En otras palabras: en promedio, por cada 100 minutos de tiempo de asignación transcurrido, cada uno de los cuatro telares permanecerá ocioso debido a la interferencia de máquinas, durante 6,2 minutos.

El porcentaje inevitable de ocio del operario inherente a la asignación supuesta se calcula interpolando para los valores de 39 y 35 obtenidos en las columnas 65 y 70% de carga de trabajo. Este valor da: 37,7%. En otras palabras, en promedio, todos los 4 telares estarán trabajando conjuntamente (y el operario por lo tanto permanecerá ocioso) 37,7 minutos, por cada 100 minutos transcurridos.

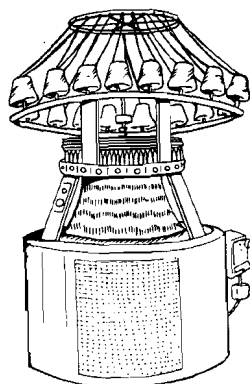


Figura 31

TABLA DE INTERFERENCIA ALEATORIA DE MAQUINAS

Esta tabla da la interferencia media (en % del tiempo transcurrido) por máquina (en cifras *italicas*) y el tiempo inactivo (en % del tiempo transcurrido) de operario (en cifras **negritas**), en asignaciones multimáquina en servicio aleatorio atendidas por un operario, cuando las necesidades de servicio son aleatorias y aproximadamente iguales para cada máquina asignada.

N.º de máquinas	Porcentaje de carga de trabajo del operario que causa interferencia a base de atención individual														
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
2	3,9	4,9	5,9	7,0	8,2	9,5	10,7	12,4	13,9	15,5	17,3	18,8	20,8	22,6	24,4
3	3,7	4,7	5,7	6,7	7,8	9,2	10,5	12,2	13,8	15,4	17,2	18,8	20,8	22,6	24,4
4	3,2	3,9	4,9	5,9	5,9	8,2	9,4	10,9	12,6	14,2	15,9	17,7	19,6	21,6	23,5
5	2,7	3,3	4,3	5,2	6,2	7,3	8,6	9,9	11,4	12,9	14,7	16,5	18,5	20,6	22,6
6	2,3	3,1	3,7	4,5	5,5	6,6	7,8	9,1	10,6	12,2	13,8	15,7	17,6	19,6	21,7
7	2,1	2,7	3,3	4,0	5,0	6,0	7,1	8,4	9,8	11,3	13,0	14,9	16,8	18,8	20,9
8	1,9	2,4	3,0	3,7	4,6	5,4	6,6	7,7	9,0	10,6	12,3	14,1	16,0	18,2	20,2
9	1,7	2,2	2,8	3,3	4,3	5,0	6,0	7,1	8,4	9,8	11,3	13,0	14,9	16,8	18,8
10	1,5	2,0	2,6	3,1	4,0	4,6	5,6	6,6	8,0	9,4	11,0	12,8	14,8	17,0	19,0
11	1,4	1,9	2,4	2,9	3,7	4,3	5,3	6,2	7,5	8,9	10,5	12,4	14,4	16,5	18,5
12	1,3	1,8	2,2	2,7	3,4	4,1	5,0	5,9	7,1	8,5	10,1	12,0	14,0	16,1	18,2
13	1,3	1,7	2,1	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	6,8	8,1	9,7	11,6	13,6	15,7	17,8
14	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	3,7	4,4	5,3	6,4	7,7	9,3	11,2	13,3	15,4	17,5
15	1,1	1,5	1,9	2,2	2,8	3,5	4,2	5,1	6,1	7,4	8,9	10,8	13,0	15,1	17,2
16	1,1	1,4	1,8	2,1	2,6	3,2	4,0	4,8	5,9	7,0	8,5	10,5	12,6	14,8	17,0
17	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,1	3,8	4,6	5,6	6,7	8,2	10,2	12,3	14,5	17,2
18	1,0	1,2	1,6	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,4	6,5	7,9	9,9	12,0	14,4	17,1
19	1,0	1,1	1,5	1,9	2,3	2,9	3,5	4,2	5,2	6,2	7,7	9,6	11,8	14,3	17,0
20	0,9	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,4	4,1	5,1	6,1	7,5	9,3	11,5	14,1	16,9
25	0,8	0,9	1,2	1,5	1,8	2,3	2,8	3,4	4,2	5,2	6,6	8,4	10,8	13,7	16,8
30	0,7	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	2,9	3,7	4,6	5,9	7,7	10,2	13,4	16,7
40	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,3	2,9	3,7	5,0	6,8	9,4	13,2	16,6
50	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	2,0	2,5	3,2	4,3	6,1	9,3	13,1	16,6
75	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,7	2,1	2,8	3,7	5,2	9,1	13,0
100	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,8	3,9	5,1	13,0
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,8	3,9	5,1	9,0	13,0

C. Combinación de Servicio Aleatorio y Sincrónico.

Constituye quizás el tipo mas común de relación Hombre-máquina. Se encuentra frecuentemente en la industria textil.

La capacidad limitada para proveer un determinado servicio junto con la demanda aleatoria de dicho servicio hacen que se forme una "Cola". La "Teoría de Colas" provee una buena herramienta Para solucionar este tipo de problemas; su utilización permite minimizar el costo total de operación estableciendo un balance desde el punto de vista económico entre los tiempos de espera, o demoras, de los entes que requieren el servicio (denominados "clientes") y la capacidad de servicio.

En un problema de colas distinguiremos: el Sistema, la Fuente de Entrada, y la Facilidad de Servicio.

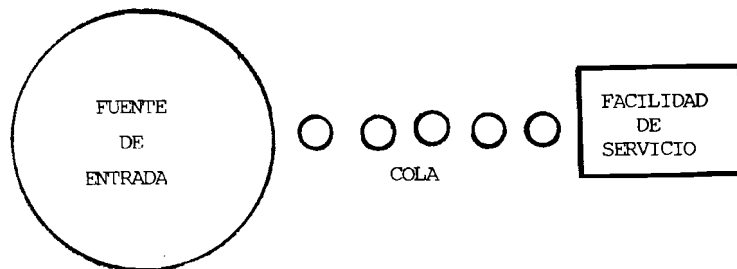


Figura 32

Ejemplos:

Sistema	Fuente de Entrada	Facilidad de Servicio
Clínica	Pacientes	Doctores
Cine	Espectadores	Taquilla
Autopista	Carros	Taquillas de peaje

Otras características de estos sistemas son:

- Fuente de Entrada

Infinita o finita. (por lo general se supone lo primero).

Llegadas de los clientes individuales o por grupo (por lo general se supone lo primero).

Llegadas determinísticas o probabilísticas

- Disciplina de la cola.

Cómo se forma la cola (por lo general el primero que llega es el primero que se sirve).

Capacidad de la cola

Deserciones (Entes que abandonan la cola)

- Mecanismo de servicio.

Número de servidores

Canales de servicio en serie o en paralelo

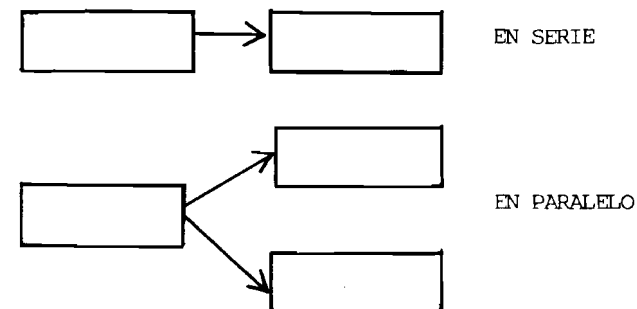


Figura 33

Sistema determinístico o probabilístico

Los métodos de solución de problemas de colas pueden agruparse en dos categorías: Analíticos y de Simulación.

En un sistema hombre-máquina la cola se forma cuando un operario o una cuadrilla de operarios está sirviendo una máquina y otras máquinas comienzan a demandar servicio. Estas máquinas tendrán que esperar hasta tanto el operario (o los operarios) pueda atenderlas. Los operarios en esta situación constituyen los canales de servicio y las máquinas serán los clientes.

En este texto presentaremos las tablas de Peck y Hazelwood para resolver los problemas de asignación de máquinas cubriendo la categoría analítica, y el método de Montecarlo para cubrir la categoría de Simulación.

UTILIZACION DE LA TEORIA DE COLAS EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS DE ASIGNACION DE MAQUINAS (23).

El problema de asignación de máquinas para el caso aleatorio-sincrónico se reduce a un problema de líneas de espera con canales de servicio en paralelo y con un número finito de clientes (máquinas). Si suponemos que los tiempos de servicio están exponencialmente distribuidos y que el número de máquinas que requiere servicio en un momento dado es una variable aleatoria que sigue la distribución de Poisson, podremos utilizar las Tablas de Peck y Hazelwood que se anexan.

La terminología a usar será:

m = número de clientes (máquinas)

c = número de canales de servicio (operarios)

T = Tiempo promedio de servicio

T_i = Tiempo promedio de operación (el tiempo durante el cual la máquina funciona sin requerir los servicios del operario).

X = Factor de utilización $X = \frac{T_s}{T_s + T_i}$

F = Eficiencia del sistema

D = Probabilidad de que un cliente tenga que esperar

L_s = Número promedio de máquinas siendo atendidas

L_q = Número promedio de máquinas "en cola"

L_i = Número promedio de máquinas en operación (en un momento dado habrá en promedio L_s máquinas siendo atendidas por los operarios, L_q máquinas esperando y L_i máquinas funcionando independientemente). Es claro que $L_i + L_s + L_q = m$.

Los valores de L_s , L_i y L_q vienen dados por las siguientes ecuaciones:

$$L_s = m F X$$

$$L_q = m (1-F)$$

$$L_i = m F (1-X)$$

En las Tablas adjuntas los valores de F y D vienen dados en función de c , m y X .

EJEMPLO.

Supongamos que tenemos 8 máquinas en operación atendidas por 3 operarios. En promedio cada máquina funciona, en forma continua e independiente, por espacio de 60 horas.

Suponiendo que los tiempos de servicio es una variable aleatoria exponencialmente distribuida y que el número de máquinas que requiere servicio en un momento dado es una variable aleatoria que sigue la distribución de Poisson, calcular la producción horaria del sistema si cada máquina produce 10 unidades de producto por cada hora efectiva de operación.

SOLUCION

m = 8 máquinas

c = 3 operarios

T_i = 60 horas

T_s = 40 horas

X = $40 / (40 + 60) = .40$

Usando la Tabla para $X = .40$, $m = 8$ y $c = 3$ obtenemos que:

$$F = .844$$

luego, $L_q = mF(1-X) = 4,05$

y la producción total del sistema es de:

$$PT = 10 \times 4,05 = 40,5 \text{ unidades/hora}$$

A fin de determinar el número óptimo de operarios que deben ser asignados a las 8 máquinas, debemos calcular el costo por pieza para diferentes valores de c . Por ejemplo, para $c = 3$ y si suponemos que cada operario cuesta Bs 40 por hora y cada máquina cuesta Bs. 200 por hora el costo por unidad será igual a:

$$\text{Costo por unidad} = \frac{8 \times 200 + 3 \times 40}{40,5} = \text{Bs. } 42,47$$

X	c	D	F
POBLACION 4			
0.2	3	0.008	0.999
	2	0.108	0.988
	1	0.549	0.861
0.3	3	0.027	0.997
	2	0.226	0.962
	1	0.741	0.724
0.4	3	0.064	0.992
	2	0.372	0.915
	1	0.866	0.595
0.5	3	0.125	0.980
	2	0.529	0.850
	1	0.937	0.492
0.6	3	0.216	0.959
	2	0.682	0.774
	1	0.975	0.415
0.7	3	0.343	0.926
	2	0.816	0.695
	1	0.991	0.357
0.8	3	0.512	0.880
	2	0.917	0.621
	1	0.998	0.312
0.9	3	0.729	0.821
	2	0.979	0.555

X	c	D	F
POBLACION 5			
0.1	2	0.054	0.997
	1	0.386	0.950
	3	0.028	0.998
0.2	2	0.194	0.976
	1	0.689	0.801
	4	0.008	0.999
0.3	3	0.086	0.990
	2	0.382	0.926
	1	0.869	0.628
0.4	4	0.026	0.997
	3	0.186	0.972
	2	0.579	0.845
0.5	1	0.952	0.493
	4	0.063	0.992
	3	0.327	0.936
0.6	2	0.750	0.748
	1	0.985	0.399
	4	0.130	0.981
0.7	3	0.497	0.383
	2	0.875	0.652
	1	0.996	0.333
0.8	4	0.240	0.960
	3	0.678	0.815
	2	0.950	0.568
0.9	1	0.999	0.286
	4	0.410	0.924
	3	0.841	0.739
	2	0.987	0.500

X	c	D	F
0.9	4	0.656	0.871
	3	0.957	0.666
	2	0.998	0.444
POBLACION 6			
0.1	2	0.086	0.995
	1	0.475	0.932
	3	0.060	0.995
0.2	2	0.291	0.961
	1	0.801	0.736
	4	0.031	0.997
0.3	3	0.173	0.978
	2	0.536	0.880
	1	0.942	0.543
0.4	5	0.010	0.999
	4	0.089	0.990
	3	0.343	0.939
0.5	2	0.748	0.766
	1	0.986	0.415
	5	0.031	0.997
0.6	4	0.194	0.972
	3	0.541	0.875
	2	0.888	0.650
0.7	1	0.997	0.333
	5	0.078	0.991
	4	0.350	0.937
0.8	3	0.731	0.792
	2	0.960	0.552
	1	0.999	0.278
0.9	5	0.168	0.977
	4	0.547	0.884
	3	0.887	0.704
0.1	2	0.990	0.476
	5	0.328	0.950
	4	0.757	0.815
0.2	3	0.962	0.623
	2	0.998	0.417
	5	0.590	0.904
0.3	4	0.929	0.739
	3	0.995	0.555

X	c	D	F
POBLACION 8			
0.1	3	0.027	0.999
	2	0.165	0.989
	1	0.638	0.889
0.2	4	0.035	0.998
	3	0.162	0.985
	2	0.499	0.916
0.3	1	0.937	0.606
	5	0.030	0.998
	4	0.135	0.987
0.4	3	0.399	0.937
	2	0.789	0.769

X	c	D	F
0.3	1	0.993	0.416
	6	0.019	0.999
	5	0.100	0.990
0.4	4	0.316	0.954
	3	0.660	0.844
	2	0.937	0.616
0.5	1	0.999	0.312
	7	0.008	0.999
	6	0.064	0.994
0.6	5	0.239	0.968
	4	0.548	0.890
	3	0.854	0.728
0.7	2	0.986	0.499
	7	0.028	0.998
	6	0.163	0.981
0.8	5	0.445	0.924
	4	0.767	0.802
	3	0.955	0.621
0.9	2	0.998	0.417
	7	0.082	0.992
	6	0.338	0.952
0.1	5	0.681	0.856
	4	0.915	0.708
	3	0.991	0.535
0.2	7	0.210	0.977
	6	0.591	0.901
	5	0.878	0.774
0.3	4	0.982	0.624
	3	0.999	0.469
	7	0.478	0.942
0.4	6	0.861	0.829
	5	0.982	0.694
	4	0.999	0.556

X	c	D	F
POBLACION 10			
0.1	3	0.056	0.998
	2	0.258	0.981
	1	0.776	0.832
0.2	5	0.020	0.999
	4	0.092	0.994
	3	0.300	0.968
0.3	2	0.692	0.854
	1	0.987	0.497
	6	0.026	0.998
0.4	5	0.106	0.991
	4	0.304	0.963
	3	0.635	0.872
0.5	2	0.932	0.653
	1	0.999	0.333
	7	0.026	0.998
0.6	6	0.105	0.991
	5	0.292	0.963
	4	0.591	0.887
0.7	3	0.875	0.728
	2	0.991	0.449

TABLAS DE PECK Y HAZELWOOD (CONTINUACION)

X	c	D	F	X	c	D	F	X	c	D	F
	POBLACION	10									
0.5	8	0.020	0.999	0.1	3	0.363	0.975	0.6	16	0.023	0.999
	7	0.093	0.992		2	0.773	0.878		15	0.072	0.996
	6	0.271	0.966		1	0.999	0.500		14	0.171	0.988
	5	0.553	0.901	0.2	8	0.025	0.999		13	0.331	0.970
	4	0.830	0.775		7	0.074	0.997		12	0.532	0.938
	3	0.972	0.598		6	0.187	0.988		11	0.732	0.889
	2	0.999	0.400		5	0.397	0.963		10	0.882	0.824
0.6	9	0.010	0.999		4	0.693	0.895		9	0.962	0.748
	8	0.072	0.994		3	0.938	0.736		8	0.992	0.666
	7	0.242	0.972		2	0.999	0.500		7	0.999	0.583
	6	0.518	0.915	0.3	10	0.034	0.998	0.7	17	0.047	0.998
	5	0.795	0.809		9	0.091	0.995		16	0.137	0.991
	4	0.953	0.663		8	0.205	0.985		15	0.295	0.976
	3	0.996	0.500		7	0.394	0.961		14	0.503	0.948
0.7	9	0.040	0.997		6	0.639	0.907		13	0.710	0.905
	8	0.200	0.979		5	0.865	0.808		12	0.866	0.849
	7	0.484	0.929		4	0.978	0.664		11	0.953	0.783
	6	0.772	0.836		3	0.999	0.500		10	0.988	0.714
	5	0.940	0.711	0.4	13	0.012	0.999	0.8	9	0.998	0.643
	4	0.992	0.571		12	0.037	0.998		19	0.014	0.999
0.8	9	0.134	0.988		11	0.095	0.994		18	0.084	0.996
	8	0.446	0.944		10	0.205	0.984		17	0.242	0.984
	7	0.763	0.859		9	0.379	0.962		16	0.470	0.959
	6	0.939	0.747		8	0.598	0.918		15	0.700	0.920
	5	0.991	0.625		7	0.807	0.845		14	0.867	0.869
	4	0.999	0.500		6	0.942	0.744		13	0.955	0.811
0.9	9	0.387	0.963		5	0.992	0.624		12	0.989	0.750
	8	0.785	0.881	0.5	14	0.033	0.998		11	0.998	0.687
	7	0.957	0.777		13	0.088	0.995	0.9	19	0.135	0.994
	6	0.995	0.667		12	0.194	0.985		18	0.425	0.972
					11	0.358	0.965		17	0.717	0.935
					10	0.563	0.929		16	0.898	0.886
					9	0.764	0.870		15	0.973	0.833
					8	0.908	0.791		14	0.995	0.778
0.1	5	0.038	0.999		7	0.977	0.698		13	0.999	0.722
	4	0.131	0.995		6	0.997	0.600				

METODO DE MONTECARLO PARA RESOLVER PROBLEMAS DE COLAS.

Este método se utiliza principalmente cuando aún conociendo la naturaleza de las distribuciones de los tiempos de llegada y de servicio, las mismas no se ajustan a ningún tipo de distribución conocida, pudiendo seguir una distribución bimodal. Esta técnica puede también aplicarse a problemas que comprenden la distribución de Poisson. El método consiste en generar aleatoriamente una serie de llegadas y de servicios en los cuales se ha introducido la variación esperada para así simular la situación real que se investigue.

EJEMPLO: Un operador atiende tres máquinas semi-automáticas. Los tiempos de servicio y de maquinado varían. Se quiere estimar el tiempo ocioso del operador y de la máquina que resultaría bajo estas circunstancias. Supóngase que las máquinas están colocadas una al lado de la otra y que el operario atenderá a la que requiera su atención estando más cerca.

Tiempos de Servicio		Tiempos de maquinado	
Minutos	Nº de ocurrencias	Minutos	Nº de ocurrencias
1,5	1	6,5	1
2,5	4	7,5	3
3,5	17	8,5	11
4,5	16	9,5	10
5,5	11	10,5	8
6,5	7	11,5	5
7,5	4	12,5	4
8,5	3	13,5	4
9,5	3	14,5	3
10,5	2	15,5	3
11,5	2	16,5	2
12,5	2	17,5	2
13,5	2	18,5	2
14,5	1	19,5	1
15,5	1	20,5	0
16,5	1	21,5	1
17,5	1	22,5	1
18,5	1	23,5	1
$\Sigma = 79$		$\Sigma = 62$	

Podemos estimar las probabilidades correspondientes y asignar números aleatorios, de acuerdo a esas probabilidades, de la manera siguiente:

Tiempos de Servicio				Tiempos de Maquinado			
Minutos	Probabilidad	Nºs		Minutos	Probabilidad	Nºs	
		asignados				asignados	
1.5	0.0127	000	126	6.5	0.0161	000	160
2.5	0.0508	127	634	7.5	0.0483	161	643
3.5	0.2153	635	2787	8.5	0.1789	644	2432
4.5	0.2016	2788	4803	9.5	0.1610	2433	4042
5.5	0.1386	4804	6189	10.5	0.1288	4043	5330
6.5	0.0889	6190	7078	11.5	0.0805	5331	6135
7.5	0.0508	7079	7586	12.5	0.0644	6136	6779
8.5	0.0381	7587	7967	13.5	0.0644	6780	7423
9.5	0.0381	7968	8348	14.5	0.0483	7424	7906
10.5	0.0254	8349	8602	15.5	0.0483	7907	8389
11.5	0.0254	8603	8856	16.5	0.0322	8390	8711
12.5	0.0254	8857	9110	17.5	0.0322	8712	9033
13.5	0.0254	9111	9364	18.5	0.0322	9034	9355
14.5	0.0127	9365	9491	19.5	0.0161	9356	9516
15.5	0.0127	9492	9618				
16.5	0.0127	9619	9745	21.5	0.0161	9517	9677
17.5	0.0127	9746	9872	22.5	0.0161	9678	9838
18.5	0.0127	9873	9999	23.5	0.0161	9839	9999

Supóngase que el orden de comienzo es 1-2-3. Seleccionemos 10 números aleatorios (de las Tablas) para simular el comportamiento del sistema.

Nº	Tiempo de servicio	Nº	Tiempo de maquinado	Máquina
2217	3,5	6109	11,5	1
1936	3,5	8552	16,5	2
1677	3,5	1671	8,5	3
7843	8,5	4638	10,5	1
328	2,5	8869	17,5	2
9322	13,5	813	8,5	3
7876	8,5	8263	15,5	1
2368	3,5	5665	11,5	2
1539	3,5	2287	8,5	3
5871	5,5	4918	10,5	1
5735	5,5	4404	10,5	2
4850	5,5	3329	9,5	3
6196	6,5	7721	14,5	1
3693	4,5	8709	16,5	2
1887	3,5	5408	11,5	3
8856	11,5	818	8,5	1
972	3,5	6484	12,5	2
1296	3,5	2464	9,5	3
8594	10,5	2981	9,5	1
3864	4,5	4098	10,5	2

La representación de los tiempos de maquinado y de servicio puede hacerse utilizando el Diagrama Hombre-Máquinas, el cual facilita la visualización. En este caso no se han considerado los tiempos de preparación como ocio para las máquinas, sino que se ha considerado como ocio estrictamente el tiempo de máquina perdido debido a que el operario no puede prestar le atención a la máquina en particular. Por supuesto que mientras mayor sea el número de observaciones que simulemos, mayor será la probabilidad de inferir el comportamiento real del sistema. (Ver figura 34)

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

Operación REPRESENTACION DE LA SIMULACION Pág 1 de 3
 Máquina tipo _____ Fecha _____
 Departamento _____ Hecho por _____
 METODO : ACTUAL----- PROPUESTO-----

OPERADOR	0,5 min.	MAQUINA								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
SIRVE MAQUINA 1		EN PREP.								
SIRVE MAQUINA 2	10		EN PREP.							
SIRVE MAQUINA 3	20			EN PREP.						
O C I O	30	HACE								
SIRVE MAQUINA 1	40	EN PREP.	HACE							
SIRVE MAQUINA 2	50		EN PREP.							
SIRVE MAQUINA 3	60	HACE								
	70	O C I O	HACE	EN PREP.						
SIRVE MAQUINA 1	80	EN PREP.								
	90		O C I O							
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO			ACCION			OCIO		
OPERADOR		ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO
MAQUINA 1										
MAQUINA 2										
MAQUINA 3										

Figura 34

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

Operación REPRESENTACION DE LA SIMULACION Pág 2 de 3
 Máquina tipo _____ Fecha _____
 Departamento _____ Hecho por _____
 METODO : ACTUAL----- PROPUESTO-----

OPERADOR		MAQUINA								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
SIRVE MAQUINA 1		EN PREP.	O C I O	HACE						
SIRVE MAQUINA 2	10		EN PREP.	O C I O						
SIRVE MAQUINA 3	20			EN PREP.						
O C I O	30	HACE								
SIRVE MAQUINA 1	40	EN PREP.	O C I O							
SIRVE MAQUINA 2	50		EN PREP.							
SIRVE MAQUINA 3	60									
	70	O C I O	HACE	EN PREP.						
SIRVE MAQUINA 1	80	EN PREP.								
SIRVE MAQUINA 2		HACE	EN PREP.							
	90			O C I O						
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO			ACCION			OCIO		
OPERADOR		ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO
MAQUINA 1										
MAQUINA 2										
MAQUINA 3										

Figura 34

DIAGRAMA DEL OPERADOR- MAQUINAS

Operación REPRESENTACION DE LA SIMULACION

Pág 3 de 3

Máquina tipo

Fecha

Departamento

Hecho por

MÉTODO : ACTUAL----- PROPUESTO-----

OPERADOR		MAQUINA											
		1				2				3			
SIRVE MAQUINA 2		HACE				EN PREP.				O C I O			
SIRVE MAQUINA 3						HACE				EN PREP.			
O C I O	10	HACE				HACE				HACE			
	20					HACE				HACE			
SIRVE MAQUINA 1	30	EN PREP.				O C I O				O C I O			
	40					O C I O				O C I O			
SIRVE MAQUINA 2	50	HACE				EN PREP.				EN PREP.			
SIRVE MAQUINA 3	60					HACE				HACE			
O C I O	70	EN PREP.				HACE				HACE			
SIRVE MAQUINA 1	80					O C I O				O C I O			
	90												
RESUMEN		TIEMPO DEL CICLO			ACCION			OCIO			UTILIZACION		
		ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO	ACTUAL	PROP	AHORRO
OPERADOR													
MAQUINA	1												
	2												
	3												

Figura 34

La solución para este problema sería:

Tiempo total simulado: 131.5 minutos

Tiempo de ocio del operario: 21.0 minutos

Tiempo de ocio de las máquinas: 59.5 minutos

% Ocio del operario: $\frac{21}{131.5} = 15.9\%$

% Ocio de las máquinas: $59.5 / (131.5 \times 3 \text{ maqs}) = 15 \%$

PROBLEMA

Un operario atiende tres máquinas semi-automáticas. Antes de cada ciclo de maquinado el operario debe preparar el material para el ciclo, lo cual le toma 3 minutos para la máquina A, 4 minutos para la B y 6 minutos para la C. Después de preparar el material, el operario descarga y carga la máquina, en lo cual invierte 4 minutos para la máquina A, 4 minutos para la B y 2 minutos para la C.

Para ir de la máquina A a la máquina B el operario tarda 2 minutos, para ir de la B a la C 2 minutos y de la C a la A 4 minutos. El tiempo de maquinado para todas las máquinas es de 22 minutos. Las máquinas A y B producen 5 unidades de producto por ciclo. La máquina C produce 8 unidades/ciclo.

Costo de funcionamiento

Máquina	Bs/h
A	200
B	200
C	280

Costo de Máquinas no funcionando

Máquina	Bs/h
A	80
B	80
C	120

El operario gana 60 Bs/h.

Se pide:

1. El Diagrama de Actividades Múltiples para la operación.
2. La producción horaria.
3. El costo promedio del producto.

PROBLEMA

La Compañía Constructora MAN C.A. está construyendo un centro comercial en Nguanagua. El concreto se descarga en el sitio de utilización mediante carretillas manuales. La compañía desea tener un camión mezclador, con concreto, en el sitio de utilización. Además quiere disponer de suficientes obreros con carretillas para eliminar la posibilidad de que un camión permanezca ocioso una vez que comienza a descargarse.

Una sola carretilla a la vez descarga el camión. Se dispone de los siguientes datos:

Camión	Tiempo (min)
--------	--------------

Transporte desde sitio de suministro hasta sitio de utilización	30
Transporte desde sitio de utilización a sitio de suministro	30
Cargar en sitio de suministro	10
Descargar camión en sitio de utilización	20

Obreros

Cargar carretilla	1
Descargar carretilla	1
Transportar carretilla cargada	3
Transportar carretilla vacía	1

- Elabore los diagramas necesarios.
- Determinar el número mínimo de camiones y de carretillas que permitan alcanzar el objetivo de la compañía.
- ¿Cuántos minutos tendrá que esperar un camión en el sitio de utilización antes de que comience la descarga?
- ¿Por cuántas veces, en promedio, obtendrá un obrero dado, concreto de un camión dado?

PROBLEMA

El Analista de medición del trabajo de la Compañía BRI S.A., desea determinar el número óptimo de envíos en su muelle de embarque. Un análisis de registros anteriores revela que la Compañía puede esperar en el futuro el siguiente número de embarques, conjuntamente con la probabilidad de ocurrencia.

EMBARQUES DISPONIBLES POR DIA A INTERVALOS AL AZAR.	PROBABILIDAD
--	--------------

0	0.081
1	0.118
2	0.205
3	0.167
4	0.356
5	0.064
6	0.009

PAQUETES POR EMBARQUE	PROBABILIDAD
-----------------------	--------------

1	0.125
2	0.531
3	0.216
4	0.111
5	0.013
6	0.004

Costo por envío: Bs. 60

Costo adicional por envío por paquete: Bs. 7,05

Costo calculado por paquete cuando el embarque se retrasa un día: Bs. 125

Hasta ahora se efectúan envíos tres veces al día. De tal manera que como promedio cuando hay 4 ó más embarques disponibles por día, uno o más tienen que esperar hasta el día siguiente.

Determine cuántos envíos deben programarse para minimizar los costos.

VI. LINEAS DE PRODUCCION: BALANCE DE LINEAS DE ENSAMBLE.

1. LA LINEA DE PRODUCCION.

Básicamente existen tres tipos de producción: "uno a uno", "por grupos" y en "masa". Tenemos producción "uno a uno" cuando la misma corresponde a una o pocas partes en un dado período de tiempo, tal como un mes o un año. Los artículos son elaborados de acuerdo a las características especificadas por el cliente. La producción de máquinas prototipo en talleres experimentales, la producción de turbinas hidroeléctricas y generadores eléctricos, de máquinas herramientas de tamaño considerable, etc., son ejemplos de este tipo de producción "uno a uno".

La producción se llama "por grupos" cuando se realiza en series o grupos. El tamaño de estos grupos es variable, dependiendo del tipo de producto. Ejemplos de producción "por grupos" son la producción de máquinas-herramientas tradicionales, de compresores de aire tipo estándar, de muebles, etc.

La producción en "masa" se basa en la elaboración de grandes cantidades de artículos de un mismo tipo. Como ejemplos podemos citar: la producción de vehículos automotores, de máquinas de escribir, de refrigeradores, etc.

La línea de producción ha sido reconocida como la mejor forma de producir grandes cantidades o "series" de elementos normalizados. Por lo tanto, cuando hablamos de una línea de producción estamos tratando esencialmente con producción en masa.

La línea de producción surge como consecuencia de la aplicación de los principios de división del trabajo, según los cuales se divide el trabajo en tareas individuales que son asignadas a operadores situados en áreas de trabajo consecutivas. A medida que el producto avanza en la línea, cada operador añade su participación de trabajo de tal manera que un operario dado realiza el mismo tipo de tarea sobre cada parte que pasa por su sitio. En un sentido más estricto: "Una línea de producción puede ser definida como una disposición de áreas de trabajo, donde los eventos consecutivos están colocados en forma inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a una rata uniforme a través de una serie de operaciones balanceadas, lo cual permite el trabajo simultáneo

todas las estaciones llegando el material a su condición final a través de un camino razonablemente directo". (22).

Todos estos refinamientos, sin embargo, no son requeridos necesariamente.

La línea de producción tiene algunas ventajas las cuales pueden resumirse como sigue:

1. Las distancias movidas son mínimas, dado que las áreas de trabajo están colocadas inmediatamente adyacentes. Esto permite que una operación comience donde finaliza la que le precede.
2. La línea de producción provee un flujo continuo de trabajo con el mínimo de demoras.
3. Los operarios pueden realizar su trabajo de una manera rutinaria, pues el trabajo ha sido dividido y cada uno de ellos realiza una parte específica del mismo.
4. Todas las operaciones se realizan simultáneamente.
5. La línea se considera como una sola unidad de producción, lo cual permite un control de producción más fácil de realizar y un mínimo de papeleo.
6. El flujo de materiales es fijo, por lo cual se minimiza la cantidad de trabajo perdido.
7. La cantidad de material en cada lugar de trabajo es mínima debido a que en ellos se realizan una o pocas operaciones en lugar de todas las operaciones.

Entre las desventajas de la línea de producción podemos citar:

1. Se hace necesario disponer de un número considerable de inspectores.
2. Si la línea se detiene en un punto, se corta la alimentación de las operaciones que siguen, paralizándose así la línea por completo.
3. Cada operario se hace avezado en un solo tipo de operaciones, por lo cual necesitaría entrenamiento adicional si fuese a reemplazar a otro operario en una operación diferente.

Tipos de Líneas de Producción.

Se pueden distinguir dos tipos de líneas de producción, a saber: "Líneas de Fabricación" y "Líneas de Ensamble". Las líneas de fabricación se caracterizan por la formación o procesamiento de partes. En una línea de fabricación las operaciones realizadas en las áreas de trabajo pueden ser por ejemplo: taladrado, torneado, etc. Las líneas de ensamble se caracterizan por la adición de partes para obtener un ensamblaje total. Una definición más formal de línea de ensamble sería: "Una línea de ensamble es una serie de estaciones de trabajo colocadas en forma sucesiva. En cada una de ellas se realiza trabajo sobre el producto, bien añadiendo partes o completando operaciones de ensamblaje". De acuerdo a la conveniencia, la línea de ensamblaje puede estar en un transportador. El trabajo realizado en cada estación consiste en una integración de elementos de trabajo a nivel de micromovimientos. Este grupo de elementos es llamado "unidad de trabajo". Para obtener balance, a flujo continuo y uniforme en una línea, se hace necesario que los tiempos de procesamiento en todas las estaciones de trabajo sean iguales; por ejemplo, si el tiempo para realizar las operaciones sobre el producto en la primera estación es de 4 minutos, entonces el tiempo que se requeriría para la realización en cada una de las estaciones: segunda, tercera, etc., sería también 4 minutos. Esta situación es la representativa del balance perfecto.

El balance perfecto raramente se logra, debido a que hay siempre algunas operaciones que consumen tiempo extra (o por lo menos una operación).

El problema de desbalance puede plantearse gráficamente como se ve en la figura 35.

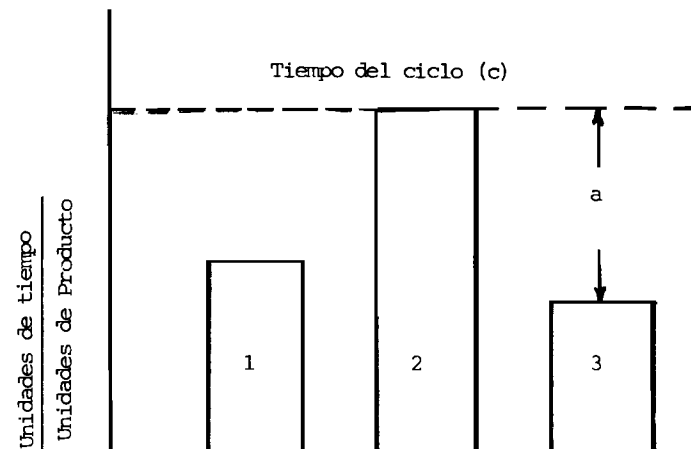


Figura 35

El gráfico anterior representa el tiempo requerido para realizar las operaciones asignadas a tres estaciones de trabajo. Estas tres estaciones pueden representar parte de una línea de producción o la línea completa. En la línea de producción ideal, balanceada, todas las estaciones de trabajo deberían procesar la misma cantidad de unidades de producto en la misma unidad de tiempo.

En el caso anterior, la estación N° 2 es la operación "Cuello de Botella". La estación N° 3 tendrá algún tiempo libre disponible, representado por "a". Este tiempo libre es una medida del desbalance de la línea. El operario en la estación N° 3 no va a permanecer realmente ocioso al final de cada ciclo, sino que trabajará continuamente a un ritmo más lento. Sin embargo, el efecto en términos de costo viene a ser el mismo que si permanece ocioso durante el tiempo "a" y trabajando a ritmo normal durante el tiempo (c-a).

El problema de Balance de Líneas entonces, consiste en establecer medios para obtener tiempos iguales para todas las estaciones de trabajo y satisfacer la rata de producción deseada.

Es más difícil balancear una línea de fabricación que una línea de ensamble, ya que a menudo resulta más difícil subdividir operaciones de maquinado. Sin embargo, es posible asignar trabajos diferentes a

los operarios con tiempo disponible para así ayudar a aquellos con mayores asignaciones de trabajo.

Se pueden considerar varias formas de obtener balance, de acuerdo con el tipo de Línea de Producción. Para **operaciones de conformación de material** es posible estudiar la conveniencia de las siguientes alternativas:

1. Mejorar la operación prestando particular atención a las operaciones cuello de botella. **Realizar Estudios de Métodos** con el fin de encontrar una mejor forma de realizar la operación en menor tiempo. Puede ser posible mejorar las herramientas o cambiar el patrón de movimientos para eliminar el tiempo extra de manejo, o procesar más de una pieza a un mismo tiempo o encontrar otra manera de reducir el tiempo de maquinado.
2. Cambiar las velocidades de las máquinas, bien sea elevándolas o disminuyéndolas.
3. Almacenar material y operar las máquinas más lentas, trabajando sobretiempo o en turnos extra. Esto es difícil de realizar cuando no se dispone de espacio suficiente y además no es posible cuando se opera en tres turnos.
4. Procesar piezas extra en otras máquinas fuera de la línea. Si no existe una máquina con tiempo extra para procesar las piezas extras, es recomendable estudiar la posibilidad de comprar una nueva máquina o subcontratar.

En el caso de **operaciones de ensamble**, es posible probar las siguientes formas de obtener balance:

1. Dividir las operaciones en elementos de trabajo y asignar grupos de estos elementos convenientemente a cada operario.
2. Asignar un grupo de operaciones a un grupo de operarios. Esto es práctico en líneas cortas con operaciones de ciclos cortos que son difíciles de dividir.
3. Los operarios con tiempo disponible pueden desplazarse con el trabajo, realizando varias operaciones o pueden ayudar en otras estaciones o en otras líneas.
4. Mejorar operaciones. Los Estudios de Métodos constituyen una herramienta muy eficiente para mejorar este tipo de operaciones.

5. Almacenar material y ejecutar las operaciones más lentas en tiempo extra. Esta alternativa tiene las mismas desventajas establecidas para el caso de operaciones de conformación de materiales.
6. Mejorar el rendimiento del operario, cuando es posible identificar la operación cuello de botella con el operario que la realiza. A veces puede hacerse necesario reemplazar al operario por otro más avezado o establecer un sistema de incentivos.

Es importante establecer que lo más deseable es tratar de mejorar las operaciones en primer lugar, aplicando Estudios de Métodos, antes de aplicar cualquier otra manera de obtener balance.

2. FORMULACION ANALITICA DEL PROBLEMA DE BALANCE DE LINEAS.

El problema de Balance de Líneas de Ensamble ha sido formulado analíticamente y se han desarrollado algunos métodos para abocarse a su solución. Antes de intentar estudiar cualquier método de solución particular, es importante definir alguna terminología relacionada con las líneas de ensamble (19). **Una estación de trabajo** es un lugar específico, donde se realiza una cierta cantidad de trabajo. Las estaciones de trabajo de una línea de ensamble son operadas por una sola persona por lo general. Sin embargo, en algunos casos un operario puede trabajar en más de una estación y otras veces las estaciones de trabajo son operadas por más de una persona.

Elemento mínimo racional de trabajo. Es un elemento indivisible, más allá del cual el trabajo no puede ser dividido en forma racional. La división de tales elementos y su asignación a operarios sólo puede crear trabajo innecesario en la forma de manejo extra. Por ejemplo, un elemento mínimo racional de trabajo puede incluir el siguiente patrón de movimientos: alcanzar una herramienta, agarrarla, colocarla en posición, realizar una tarea simple (usar) y devolver la herramienta a su sitio. Se sabe que cualquier tarea puede ser dividida de acuerdo a los 17 elementos básicos conocidos como THERBLIGS. Pero en la práctica cada operario realiza una tarea compuesta de un grupo de Therbligs. Y el hacer que un operario realizara sólo uno de estos elementos, sería no sólo impráctico desde el punto de vista económico sino también difícil de lograr. Piénsese cuantos operarios serían necesarios para ejecutar una operación completa.

Contenido de trabajo de una estación. Es el total de trabajo realizado en una estación de trabajo y es igual a la suma de las unidades de trabajo asignadas a dicha estación.

Contenido total de trabajo. Es el agregado de trabajo del ensamble total.

Contenido de tiempo de la estación de trabajo. Es el tiempo requerido para realizar el contenido de trabajo de la estación dada. Este tiempo se conoce también con el nombre de Tiempo de Operación.

Tiempo del ciclo. Es el tiempo que tarda el producto en cada estación de trabajo sobre la línea, cuando ésta se mueve a un ritmo estándar ó 100% de eficiencia. El tiempo del ciclo es pues la cantidad de tiempo transcurrido entre unidades sucesivas, a medida que éstas avanzan en la línea. Como se vé en el gráfico, cuando la línea está desbalanceada el tiempo del ciclo será el tiempo correspondiente a la operación cuello de botella, es decir, el tiempo máximo de operación.

Tiempo de demora. Es la cantidad de tiempo ocioso en la línea, debido a la imperfecta división del trabajo entre las estaciones de trabajo.

Sabiendo la terminología, el problema de Balance de Líneas puede establecerse de la manera siguiente: (15)

"El problema de Balance de Líneas trata de la asignación de todas las unidades de trabajo a una serie de estaciones de trabajo, de tal manera que cada estación no realice más trabajo del permitido por el tiempo del ciclo y que la suma de los tiempos de ocio en todas las estaciones sea un mínimo".

La combinación seleccionada de unidades de trabajo debe satisfacer todas las restricciones impuestas por el diseño del producto y por la tecnología del proceso. Estas restricciones establecen el orden en el cual debe realizarse cada unidad de trabajo, y se conocen como Relaciones de Precedencia.

Tipos de relaciones de precedencia. (19)

Existen cuatro tipos de relaciones de precedencia:

1. Debe preceder. Una unidad de trabajo debe realizarse antes de que otra pueda realizarse.
2. No debe preceder. Una unidad de trabajo no debe realizarse sino después de que otra haya sido realizada.

3. Indiferencia. Una unidad de trabajo puede realizarse antes o después que otra.

4. No juntas. Una unidad de trabajo no puede realizarse en la misma estación que otra, debido a limitaciones tecnológicas. Estas limitaciones pueden ser restricciones de facilidades fijas, tales como máquinas o estaciones de prueba.

El ejemplo propuesto por Kilbridge y Wester (19), "vestirse cada mañana", puede ilustrar estas relaciones de precedencia.

OPERACION	UNIDAD DE TRABAJO	CONDICION DE PRECEDENCIA	UNIDAD DE TRABAJO
	Ponerse la media izquierda	debe preceder	Ponerse el zapato izquierdo
Vestirse	Ponerse el zapato derecho	No debe preceder	Ponerse la media derecha
cada	Ponerse el zapato izquierdo	Indiferente	Ponerse el zapato derecho
mañana	Ponerse los pantalones	No juntas	Ponerse la camisa

EL DIAGRAMA DE PRECEDENCIAS COMO UNA HERRAMIENTA PARA EL BALANCE DE LINEAS DE ENSAMBLE

Hay un método para describir las relaciones de precedencia que permite un alto grado de visualización. Este método es el Diagrama de Precedencias, básicamente similar a los diagramas empleados por las técnicas PERT y CPM.

El Diagrama de Precedencias convierte la línea de ensamble en una representación que permite a una persona no familiarizada con la línea el balancearla por observación. Sin embargo, este diagrama debe ajustarse a las condiciones que prevalecen en la línea realmente debido a que algunas veces desde un punto de vista teórico, una restricción puede o no existir, pero en la línea real la condición existe impuesta por requerimientos industriales. El Diagrama de Precedencias muestra las restricciones técnicas impuestas sobre cada elemento. Las restricciones de facilidades no pueden mostrarse directamente en el diagrama, pero pueden ser descritas usando esquemas.

Pasos requeridos para construir un Diagrama de Precedencias.

1. Enumerar todos los elementos de trabajo.
2. Identificar los elementos mínimos racionales de trabajo.
3. Registrar los tiempos elementales.
4. Enumerar todas las restricciones entre los elementos de trabajo:
 - a. Orden de componentes.
 - b. Restricciones de Posición
 - c. Restricciones de facilidades fijas.
5. Dibujar a escala la línea de ensamble y el área que la rodea.
 - a. Mostrar la línea principal de ensamble.
 - b. Mostrar líneas de subensambles que alimentan la línea principal.
 - c. Identificar facilidades fijas.
 - d. Mostrar áreas de trabajo.
 - e. Localizar áreas de almacenamiento.
6. Hacer un diagrama preliminar.
7. Construir el diagrama final.

El siguiente es un ejemplo de una Diagrama de Precedencias sencillo: (Figura 36).

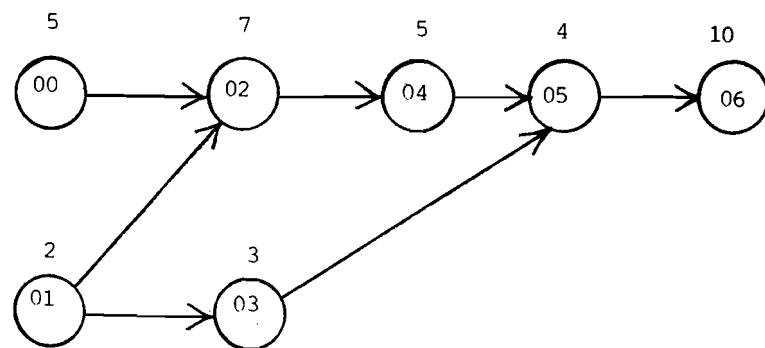


Figura 36

Este diagrama indica que la unidad de trabajo 00 debe hacerse antes que las unidades 02, 04, 05 y 06.

Cualesquiera de las unidades 00 ó 01 puede hacerse primero. La unidad de trabajo 02 no puede realizarse sino hasta que las unidades 00 y 01 hayan sido completadas.

La unidad de trabajo 06 no puede hacerse a menos que las unidades 00, 01, 02, 03, 04 y 05 hayan sido ejecutadas. Una vez que las unidades de trabajo 00 y 01 han sido terminadas, puede seleccionarse la unidad de trabajo 02 ó la 03.

El Diagrama de Precedencias se dibuja de manera que el ensamble progrese de izquierda a derecha. La longitud de las flechas no tiene ningún significado especial. La flecha sólo sirve para indicar precedencia. Los números en el exterior de los círculos representan tiempos necesarios para ejecutar los elementos de trabajo respectivos.

Una ilustración más compleja (20) pero representativa y fácil de entender es el caso más común de operaciones de ensamble que se expondrá a continuación.

Juegos de peine y cepillo van a ser inspeccionados, envueltos en papel transparente, colocados en cajas y luego embalados. Las partes a considerar son:

- a. Dos cepillos y un peine que se colocan en una caja plástica.
- b. Una etiqueta que se coloca en la caja plástica.
- c. Una cubierta de celuloide que se coloca sobre la caja plástica. Esta unidad es colocada en otra caja de cartón.
- d. Los conjuntos empacados se colocan en una caja mayor.

Las unidades de trabajo consideradas y los tiempos de ejecución simulados son:

Unidad de Trabajo	Tiempo (0,01 min)
01 Obtener caja plástica, remover cubierta de celuloide, posicionar la caja para empacado.	9
02 Inspeccionar cepillo	8
03 Envolver cepillo en papel transparente	18
04 Colocar cepillo en caja plástica	5
05 Inspeccionar segundo cepillo	8
06 Envolver segundo cepillo	18

07	Colocar segundo cepillo en caja plástica	5
08	Colocar peine en caja plástica	4
09	Colocar etiqueta de precio	5
10	Colocar cubierta de celuloide	7
11	Obtener caja de cartón y desmontarla.	5
12	Colocar caja plástica en caja de cartón	4
13	Colocar tapa a caja de cartón	4
14	Colocar caja en caja mayor	6
Total tiempo de ensamble:		106

El Diagrama de Precedencias para este ejemplo es: (Fig.37)

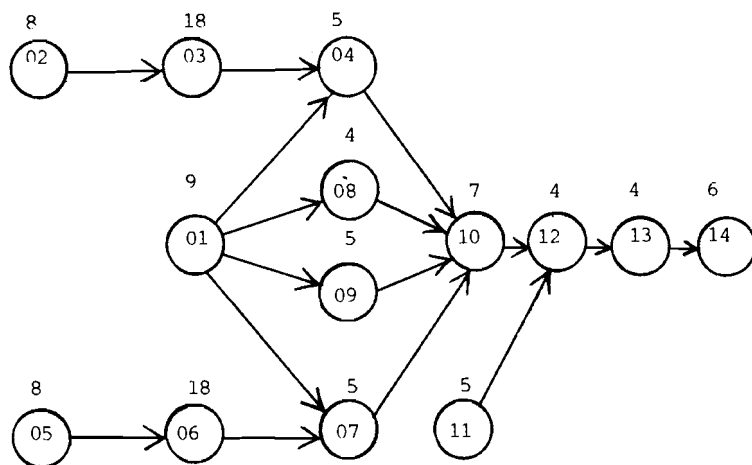


Figura 37

En este caso, dado que no existen otras restricciones, sería posible asignar todas las unidades de trabajo a un operario, en cuyo caso el ensamble sería realizado en una sola estación de trabajo. Sin embargo, esto implica una rata de producción de una unidad cada 1,06 minutos. Si se desea incrementar la rata de producción es necesario aplicar el principio de división del trabajo, en cuyo caso habrá tantas estaciones de trabajo como sean requeridas por la rata de producción deseada. Supóngase que la rata de producción deseada es de 150 unidades por hora. Esto implica que al menos una unidad debería producirse cada 0,40 minutos. Tomando 0,40 minutos como tiempo del ciclo, se puede determinar cuántas estaciones de trabajo debe tener la línea. En este ejemplo es sencillo agrupar las unidades de trabajo 01, 02, 03 y 04 en una estación de trabajo con un tiempo de operación de 0,40 minutos. Los elementos 05, 06, 07 y 08 en una segunda estación de trabajo con un tiempo de operación de 0,35 minutos y los elementos restantes: 09, 10, 11, 12, 13 y 14 en una tercera estación con un tiempo de operación de 0,31 minutos.

El tiempo de cada ciclo equivale al tiempo de operación de la estación de trabajo N° 1, el cual es el tiempo de operación más alto (0,40 minutos), por lo tanto las estaciones de trabajo 2 y 3 tendrán tiempos disponibles iguales a $(0,40 - 0,35) = 0,05$ minutos y $(0,40 - 0,31) = 0,09$ minutos, respectivamente.

En otras palabras, habrá un tiempo ocioso de 0,14 minutos por cada juego en esta línea de ensamble. Se hará necesario hacer un estudio para ver si estos 0,14 minutos son permisibles desde el punto de vista económico.

3 METODOS ANALITICOS DE BALANCE DE LINEAS DE ENSAMBLE.

A. PARA UN SOLO PRODUCTO.

En el ejemplo anterior fue posible hacer asignaciones de unidades de trabajo a 3 estaciones por simple inspección, ya que éste es un caso bastante sencillo. Pero, ¿qué sucede en un caso que comprende muchas unidades de trabajo y restricciones más complicadas entre unidades? El tratar de resolver tal problema sin emplear algún procedimiento analítico sistemático sería una ardua tarea.

Desde que Salveson (30) publicó su primer artículo sobre Balance

de Líneas de Ensamble, otros autores han sugerido diferentes métodos de solución, estando entre ellos Bowman (6), Jackson (17), Held, Kare y Sharesian (14), Kilbridge y Wester (19), Hoffman (16), Helgeson y Birnie (15), Mansoor (21), Moodie y Young (24) y algunos otros. Después de hecha una revisión, se han escogido los métodos de Kilbridge y Wester y Helgeson y Birnie para presentarlos en este texto, debido a que los mismos son relativamente menos complejos, requieren sólo de sencillos cálculos y no requieren matemáticas avanzadas.

a. Método de las posiciones ponderadas de Helgeson y Birnie.

Este método se aplicará al ejemplo de los cepillos y peines como ilustración. Supongamos que se quiere saber cuántas estaciones de trabajo son necesarias si se desea una rata de producción de 150 unidades por hora. La sistemática del método es la siguiente:

1. Construir el Diagrama de Precedencias.
2. Construir la Matriz de Precedencias, la cual es una presentación alternativa del Diagrama de Precedencias. La notación empleada en la matriz será:

+ 1 debe preceder

- 1 no debe preceder

0 Indiferencia

Tiempo de la unidad de tra- bajo (0,01 - min).	Unidad de Trabajo	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
09	01	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
08	02	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
18	03	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
05	04	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
08	05	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
18	06	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
05	07	-1	0	0	0	-1	-1	0	0	0	1	0	1	1	1
04	08	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
05	09	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
07	10	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	1	1	1
05	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
04	12	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1
04	13	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1
06	14	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

3. Calcular las Posiciones Ponderadas para cada unidad de trabajo. Las Posiciones Ponderadas pueden interpretarse como el tiempo que se perdería si no se realizase la unidad de trabajo considerada, por ello son iguales a las sumas de los tiempos de ejecución de la unidad en cuestión y de aquellas unidades a las cuales debe preceder dicha unidad.

Unidad de trabajo	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
01	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
Tiempo de la unidad de trabajo	9	-	-	5	-	-	5	4	5	7	-	4	4	6

$$\text{Posición Ponderada: } 9+5+5+4+5+7+4+4+6 = 49$$

De una manera similar se calculan las Posiciones Ponderadas para cada unidad de trabajo. Los resultados se muestran en la tabulación siguiente:

Unidad de Trabajo	Posiciones Ponderadas	Precedencia inmediata
02	52	-
05	52	-
01	49	-
03	44	02
06	44	05
04	26	01-03
07	26	01-06
09	26	01
08	25	01
10	21	04-08-09-02
11	19	-
12	14	10-11
13	10	12
14	06	13

4. Establecer un tiempo del ciclo. En este caso el tiempo del ciclo seleccionado es 0,40 minutos.
5. Asignar unidades de trabajo a estaciones de trabajo. El tiempo de operación de cada estación de trabajo no puede ser mayor que el tiempo del ciclo. La asignación de las unidades de trabajo

se hace dando prioridad a aquellas unidades de trabajo con las mayores posiciones ponderadas. La razón para esta prioridad se explica por el concepto de Posición Ponderada. (Las unidades de trabajo con altas Posiciones Ponderadas causarían una mayor pérdida de tiempo si no se realizasen). Las reglas de asignación son:

- A. Seleccionar la unidad de trabajo con la mayor Posición Ponderada y asignársela a la primera estación de trabajo (unidad de trabajo 02 a estación de trabajo 1).
- B. Calcular el tiempo no asignado para la estación de trabajo, calculando el tiempo acumulado de todas las unidades de trabajo asignadas a la estación y sustrayendo esta suma del tiempo del ciclo.
 $T.N.A. = 0,40 - 0,08 = 0,32$ minutos
- C. Seleccionar la unidad de trabajo con la próxima Posición Ponderada alta e intentar asignarla a la estación de trabajo después de hacer las siguientes verificaciones:
 1. Cotejar la lista de unidades de trabajo ya asignadas. Si la unidad de trabajo de precedencia inmediata ha sido asignada, no se violará la relación de precedencia: por lo tanto se puede proceder al paso C2. Si la unidad de precedencia inmediata no ha sido asignada, proceder al paso D.
 2. Comparar el tiempo de la unidad de trabajo con el tiempo no asignado. Si el tiempo de la unidad de trabajo es menor que el tiempo no asignado a la estación de trabajo, asignar la unidad de trabajo y recalcular el tiempo no asignado. Si el tiempo de la unidad de trabajo es mayor que el tiempo no asignado, proceder al paso D.
- D. Continuar seleccionando y verificando hasta que se logre una de las siguientes dos condiciones:
 1. Todas las unidades de trabajo han sido asignadas.
 2. No hay unidades de trabajo sin asignar que puedan satisfacer las restricciones de precedencia y "menor que el tiempo no asignado".
- E. Asignar la siguiente unidad de trabajo no asignada con la mayor Posición Ponderada a la segunda estación de trabajo y proceder con los pasos B a D.

- F. Continuar asignando unidades de trabajo a estaciones de trabajo, hasta que todas hayan sido asignadas. En este punto se ha encontrado la solución al problema de Balance de Líneas.

Estación de Trabajo 1

Unidad de Trabajo	Posición Ponderada	Precedencia inmediata	Tiempo de la unidad de trabajo (0,01 min)	Tiempo acumulado de la estación (0,01 min)	Tiempo no asignado (0,01 min)	Observaciones
02	52	-	8	8	32	Asignada
05	52	-	8	16	24	Asignada
01	49	-	9	25	15	Asignada
03	44	02	18	-	-	Rechazada
06	44	05	18	-	-	Rechazada
04	26	01-03	-	-	-	Rechazada
07	26	01-06	-	-	10	Asignada
09	26	01	5	30	6	Asignada
08	25	01	4	34	-	Rechazada
10	21	04-08-09-07	-	-	1	
11	19	-	5	39		

No es posible asignar más unidades de trabajo a la estación de trabajo 1, ya que no hay ninguna unidad de trabajo cuyo tiempo de ejecución sea menor o igual al tiempo no asignado (0.01 minutos).

Estación de Trabajo 2

Unidad de Trabajo	Posición ponderada	Precedencia inmediata	Tiempo	Tiempo acumulado	Tiempo no asignado	Observación
03	44	02	18	18	22	Asignada
06	44	05	18	36	04	Asignada
04	26	01-03	05			Rechazada
07	26	01-06	05			Rechazada
10	21	04-08-09-02	07			Rechazada

Estación de Trabajo 3

Unidad de Trabajo	Posición ponderada	Precedencia inmediata	Tiempo	Tiempo acumulado	Tiempo no asignado	Observación
04	26	01-03	5	5	35	Asignada
07	26	01-06	5	10	30	Asignada
10	21	04-08-09-07	7	17	23	Asignada
12	14	10-12	4	21	19	Asignada
13	10	12	4	25	15	Asignada
14	6	13	6	31	9	Asignada

La unidad de trabajo N° 11, si bien no tiene restricciones de precedencia o tiempo y puede ser asignada a la estación de trabajo N° 1, es más conveniente que sea realizada en la misma estación de trabajo de la unidad N° 12. Esto puede hacerse sin alterar la solución de 3 estaciones de trabajo. Las asignaciones a cada estación serán entonces:

Estación 1: 01, 02, 05, 08, 09

Tiempo total: 0,34 minutos. Tiempo de ocio: 0,06 minutos.

Estación 2: 03, 06

Tiempo total: 0,36 minutos. Tiempo de ocio: 0,04 minutos.

Estación 3: 04, 07, 10, 11, 12, 13, 14.

Tiempo total: 0,36 minutos. Tiempo de ocio: 0,04 minutos.

Como puede verse en este ejemplo, si se realiza la unidad de trabajo N° 11 en la estación de trabajo N° 3 es posible reducir el tiempo del ciclo de 0,40 a 0,36 minutos. Esto permite un tiempo de ocio de 0,02 minutos en la estación de trabajo 1. La solución del problema sería entonces:

Estación de Trabajo	Unidad de Trabajo	Tiempo de Operación (0,01 minutos)
1	01	
	02	
	05	
	09	
	08	0,34
2	03	
	06	0,36
3	04	
	07	
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	0,36

Tiempo de ciclo: 0,36 minutos.

Por inspección sería posible hacer otros arreglos si se considera necesario, para obtener asignaciones de unidades de trabajo más realísticas.

La figura 38 es un Diagrama de Bloques para facilitar la comprensión de las reglas de asignación.

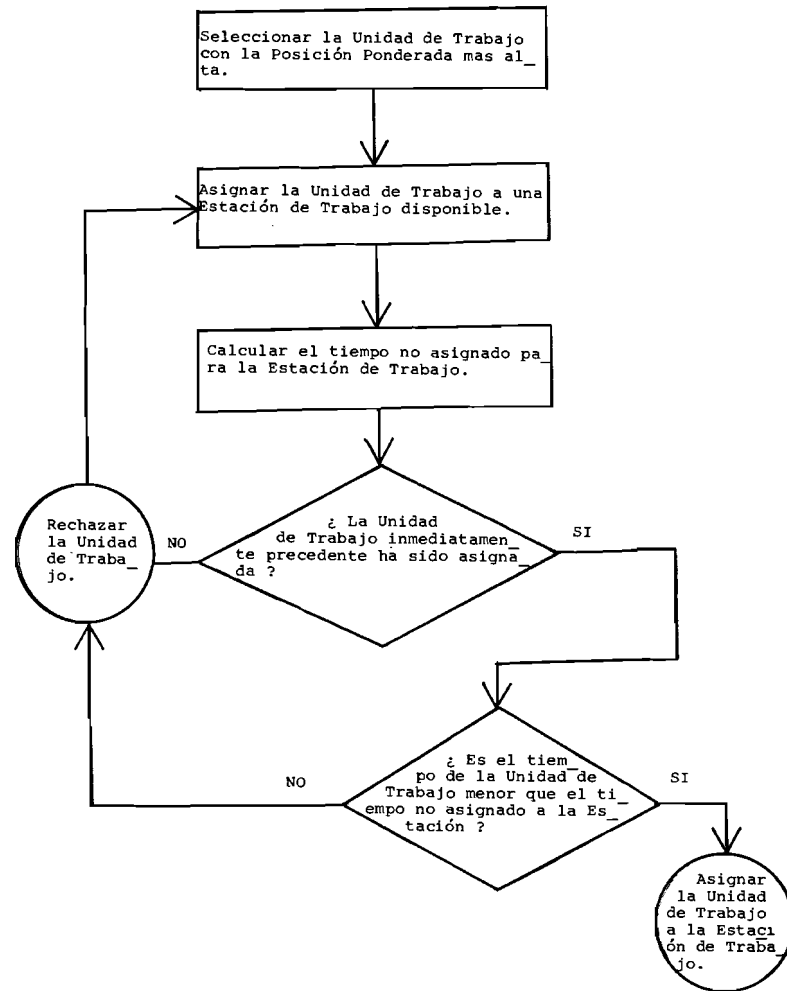


Figura 38

b. Método Heurístico de Kilbridge y Wester

Este método requiere juicio e intuición para lograr la solución representativa. El método Heurístico utiliza básicamente el mismo Diagrama de Precedencias que el Método de las Posiciones Ponderadas, pero construido de tal manera que las unidades de trabajo que no son precedidas por alguna otra se colocan en la primera columna del diagrama. En la columna K ($k \geq 2$) se colocan aquellas unidades de trabajo cuyas precedencias inmediatas ya estén en el diagrama. El Diagrama de Precedencias correspondiente al ejemplo previo seria: (Fig. 39)

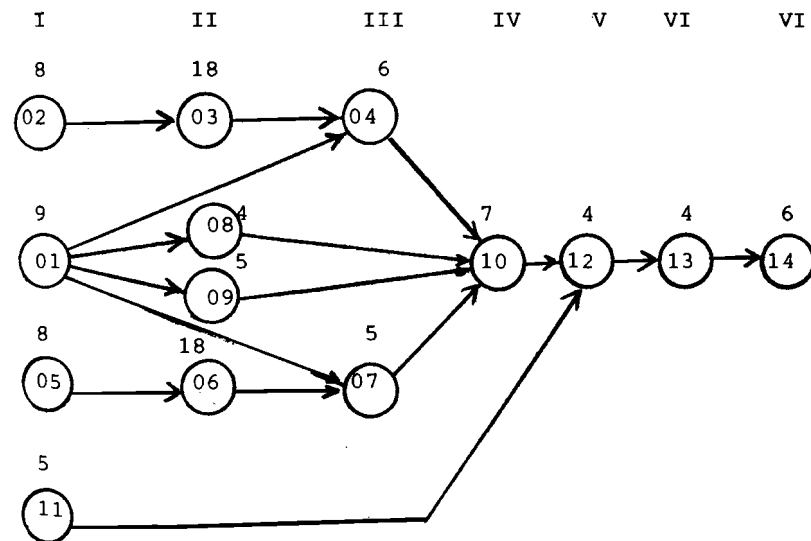


Figura 39

Originalmente Kilbridge y Wester establecieron un método para alcanzar balance perfecto, con cero tiempo disponible, pero en este caso dado que la rata de producción va a ser de 1/0,40 unidades/minuto habrá algún tiempo disponible ya que 1/0,40 minutos no es un múltiplo de 1,06 (que es el tiempo requerido para realizar el ensamble en una sola estación). El número de estaciones de trabajo necesarias será entonces: $106/40 = 2,65$. Es decir 3 estaciones.

La información del Diagrama anterior se desarrolla en la siguiente Tabla:

N° de Columna del diagrama	N° identificación elemento	Observación	Duración del elemento (0,01 m)	Suma de los Tiempos	Suma acumulativa de tiempos (0,01 min)
I	02		8		
	01	II	9		
	05		8		
	11	II ... IV	5	30	30
II	03		18		
	08	III	04		
	09	III	05		
	06		18	45	75
III	04		5		
	07		5	10	85
IV	10		7	7	92
V	12		4	4	96
VI	13		4	4	100
VII	14		6	6	106

La columna de observaciones indica por ejemplo que el elemento 11 puede moverse de la columna I a las columnas II, III ó IV y que el elemento 09 puede ser movido de la columna II a la columna III.

Ahora es necesario reasignar los elementos de trabajo para obtener 3 estaciones de trabajo con un tiempo del ciclo igual a 0,40 minutos. En la primera estación es posible ejecutar las unidades 02, 01, 05 y 11 con un tiempo de operación de 0,30 minutos. En la estación de trabajo N° 2 no es posible realizar todas las unidades de trabajo de la columna II dado que la suma de sus tiempos excede 0,40, pero es posible mover una unidad, por ejemplo la 09, a la columna III. Las unidades de trabajo 03, 08 y 06 serán entonces asignadas a la estación 2 con un tiempo de operación de 0,40 minutos. En la estación 3 serán realizadas las unidades de trabajo correspondientes a las columnas III, IV, V, VI y VII más la unidad de trabajo 09. Esto permite un tiempo de operación de 0,36 minutos para la estación de trabajo N° 3. La Tabla sería la siguiente:

N° de Columna del diagrama	N° identificación elemento	Observación	Duración del elemento (0,01 m)	Suma de los Tiempos	Suma acumulativa de tiempos (0,01 min)
I	02		8		
	01	II	9		
	05		8		
	11	II ... IV	5	30	30
II	03		18		
	08		04		
	06		18	40	70
III	04		5		
	07		5	15	85
IV	10		7	7	92
V	12		4	4	96
VI	13		4	4	100
VII	14		6	6	106

Ahora tendremos 3 estaciones de trabajo con sus diferentes asignaciones de trabajo. Sin embargo, podría ser posible inspeccionar la Tabla anterior y el Diagrama de Precedencias con la finalidad de encontrar la posibilidad de obtener mejoras.

Una mejor solución se obtiene si la unidad de trabajo N° 11 es movida a la columna IV y las unidades de trabajo 08 y 09 son realizadas en la estación de trabajo N° 1. La Tabla correspondiente es:

N° de columna del diagrama	N° identificación elemento	Observación	Duración del elemento (0.01 m)	Suma de los tiempos	Suma acumulativa de tiempos (0.01 min)
I	02	II	8	25	25
	01		9		
	05		8		
II	09	III	5	9	34
	08		4		
	03		18		
III	06		18	36	70
	04		5		
	07		5		
IV	11		5	12	92
	10		7		
V	12		4	4	96
VI	13		4	4	100
VII	14		6	06	106

La solución lograda es similar a la obtenida aplicando el Método de las Posiciones Ponderadas: 3 estaciones de trabajo y un tiempo del ciclo de 0,36 minutos con un tiempo disponible en la estación de trabajo 1 de 0,02 minutos.

Los dos métodos de Balance de Líneas de ensamble presentados tienen la ventaja de ser fáciles de entender y de computar. Los mismos pueden ser aplicados en cualquier industria de ensamble sin mucho gasto. Los resultados obtenidos son satisfactorios. En algunos casos puede ser posible obtener varias soluciones, lo cual permite seleccionar la solución o soluciones que mejor se adapten a las necesidades. Algunos métodos más avanzados tales como el método Heurístico planteado por Moodie y Young (24) están diseñados para obtener balance cuando los tiempos de los elementos de trabajo son variables. Este método puede proporcionar una solución mas realística dado que en la mayoría de los casos los tiempos elementales son probabilísticos con una función de distribución desconocida.

Los resultados obtenidos aplicando los métodos Heurístico de Kilbridge y Wester o de las Posiciones Ponderadas de Helgeson y Birnie, son similares y se deja a consideración del usuario cual de las dos técnicas utilizar.

B. BALANCE DE LINEAS DE ENSAMBLE PARA PRODUCTOS MEZCLADOS.

Cuando en una planta industrial se ensamblan diferentes productos, o diferentes modelos de un mismo producto, resultaría ideal poder disponer de una línea de ensamble para cada producto o modelo. Esto sin embargo no siempre es factible desde el punto de vista económico, por lo cual hay que estudiar la conveniencia de producir en la misma línea los diferentes modelos o productos, bien sea por lotes o en forma mezclada.

El balance de la línea, cuando se produce por lotes, se hará para cada producto o modelo por separado, utilizando cualesquiera de los métodos disponibles. Las decisiones sobre número de operarios a mantener en la línea etc. se tomarán posteriormente.

Cuando se produce en forma mezclada diferentes productos o modelos al mismo tiempo, hay que resolver dos problemas: la asignación de las unidades de trabajo a las diferentes estaciones de trabajo y la determinación de la secuencia de producción.

Metodología general para el balance

Los elementos se asignan sobre la base de tiempo total, en lugar de tiempo de ciclo. La producción requerida se obtendrá a partir del programa de producción que tenga la empresa. El método de balance depende de si al producto se le hacen operaciones a ambos lados de la línea o en un sólo lado.

a. Balance de la línea cuando se realizan operaciones de un solo lado de ella.

Los pasos a seguir serán:

1. Elaborar el Diagrama de Precedencias conjunto de los diferentes modelos.
2. Construir un cuadro en el cual se indica el tiempo total consumido por día para la realización de cada elemento o unidad de trabajo. La suma de estos tiempos representará el tiempo total necesario para cubrir la producción diaria.
3. Determinar el número de estaciones de trabajo necesarias para cumplir con la producción programada por jornada. Para ello se divide el tiempo total por día entre el tiempo efectivo disponible por jornada de trabajo. En el caso de obtener un número no entero, se aproxima al entero inmediato superior.
4. Hacer la asignación de los elementos de trabajo a las diferentes estaciones de trabajo, para lo cual puede utilizarse el Método Heurístico de Kilbridge y Wester o el de las Posiciones Ponderadas.
5. Determinar los tiempos que tardan cada unidad de cada uno de los modelos en cada estación (según la asignación de elementos de trabajo a las estaciones). Habrá modelos a los cuales no hay que hacerles ninguna operación en determinada estación.
6. Determinar la secuencia a seguir para la programación de ensamble de los diferentes modelos. Para ello:
 - a. Se calcula la proporción en que debe producirse cada modelo, de acuerdo con el programa de producción. Esto se hace sacando el Máximo Común Divisor de las cantidades a producir de cada modelo.
 - b. Se escoge una secuencia.

7. Hacer un Gráfico de Gantt (o Diagrama de Barras) para la jornada completa de trabajo. El Gráfico de Gantt es un modelo gráfico y como tal permite simular cualquier restricción existente en el sistema que se representa (por ejemplo que no se permita inventario entre las estaciones, o que una unidad de un modelo no sea procesada en alguna de las estaciones. Las barras representan el tiempo de operación de cada modelo en la estación correspondiente.)
8. Evaluar la programación de la secuencia.
9. Escoger otra secuencia, hacer el Gráfico de Gantt para la misma y evaluarla.
10. Seleccionar la secuencia que proporcione el menor tiempo de ocio.

Esta metodología no suministra una solución óptima para el problema de secuencia, pero sí permite comparar varias alternativas para escoger de entre ellas la mejor.

PROBLEMA

En una planta se fabrican los modelos A, B y C de un producto con base en el siguiente programa de producción diario:

Modelo	Nº de Unidades requeridas
A	10
B	10
C	20

La planta trabaja en jornadas de 8 horas (480 minutos) de las cuales son efectivas 7,5 (450 minutos). La naturaleza del producto hace que no pueda permitirse previsión de inventario entre las estaciones de trabajo. El Diagrama de Precedencias conjunto para los modelos es: (Fig 40)

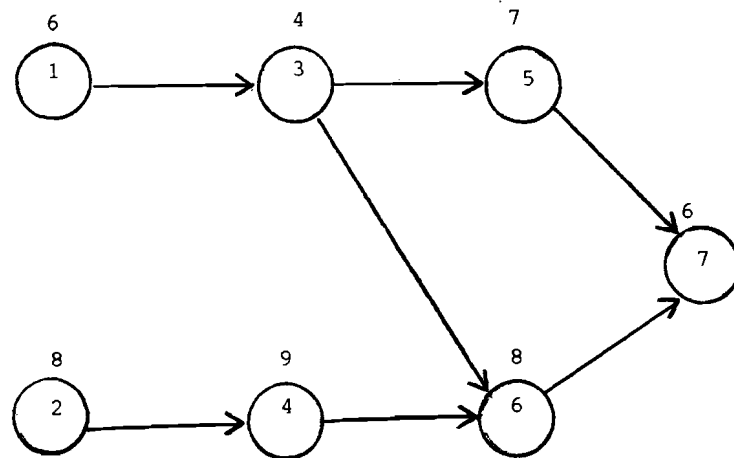


Fig. 40

El modelo A lleva todas las operaciones.

El modelo B no lleva ni la 2 ni la 4.

El modelo C no lleva ni la 1 ni la 2.

Se pide:

Balancear la línea. Representar una secuencia de producción escogida.

Solución:

1.

Elemento N:	Tiempo(min)	Unidades a producir por día y por modelo			Total Unid.	Tiempo Total (min.)
		A	B	C		
1	6	10	10	-	20	120
2	8	10	-	-	10	80
3	4	10	10	20	40	160
4	9	10	-	20	30	270
5	7	10	10	20	40	280
6	8	10	10	20	40	320
7	6	10	10	20	40	240
Tiempo Total						1.470

$$\text{Número mínimo de Estaciones de Trabajo: } \frac{1.470}{450} = 3,2$$

2. El mínimo de Estaciones será entonces 4 y el tiempo por Estación:

$$\frac{1.470}{4} = 367,5 \text{ minutos}$$

3. Asignación a Estaciones de Trabajo

Estación	Elementos Asignados	Tiempo Total (min.)	Tiempo Asignado a la Estación (min.)
1	1	120	360
	2	80	
	3	160	
2	4	270	270
3	5	280	280
4	6	320	320
5	7	240	240

4. Tiempos de Operación en cada Estación:

Estación	Tiempo de operación por modelo (min.)		
	A	B	C
1	18	10	4
2	9	-	9
3	7	7	7
4	8	8	8
5	6	6	6

Estos tiempos se obtienen de la siguiente manera, por ejemplo: el modelo A en la estación 1. Al modelo A se le hacen todas las operaciones y en la estación 1 se realizan las operaciones: 1 (que tarda

6 minutos), 2 (que tarda 8 minutos) y 3 (que tarda 4 minutos); luego el tiempo de operación del modelo A en la estación 1 será:

$$6 + 8 + 4 = 18 \text{ minutos}$$

Al modelo B no se le hace la operación 4, que es la asignada a la estación 2.

El modelo C no lleva ni la 1 ni la 2 de las operaciones hechas en la estación 1, por lo tanto su tiempo de operación en dicha estación será de 4 minutos, es decir, el que tarda la operación 3.

5. Secuencia para la programación

El Máximo Común Divisor de las cantidades a producir por día (10, 10, 20) es 10; por lo tanto las proporciones correspondientes a cada modelo serán:

$$\text{Modelo A: } \frac{10}{10} = 1$$

$$\text{Modelo B: } \frac{10}{10} = 1$$

$$\text{Modelo C: } \frac{20}{10} = 2$$

Algunas de las secuencias posibles son:

CCAB; CABC; ACBC; ACCB, etc.

6. Programación

Vamos a hacer la programación escogiendo una cualquiera de las secuencias. Por ejemplo la CBAC. En el gráfico de Gantt adjunto hemos hecho dicha representación, considerando que no se permite previsión de inventario entre las estaciones y, para los primeros 120 minutos de la jornada de trabajo. (Fig. 41)

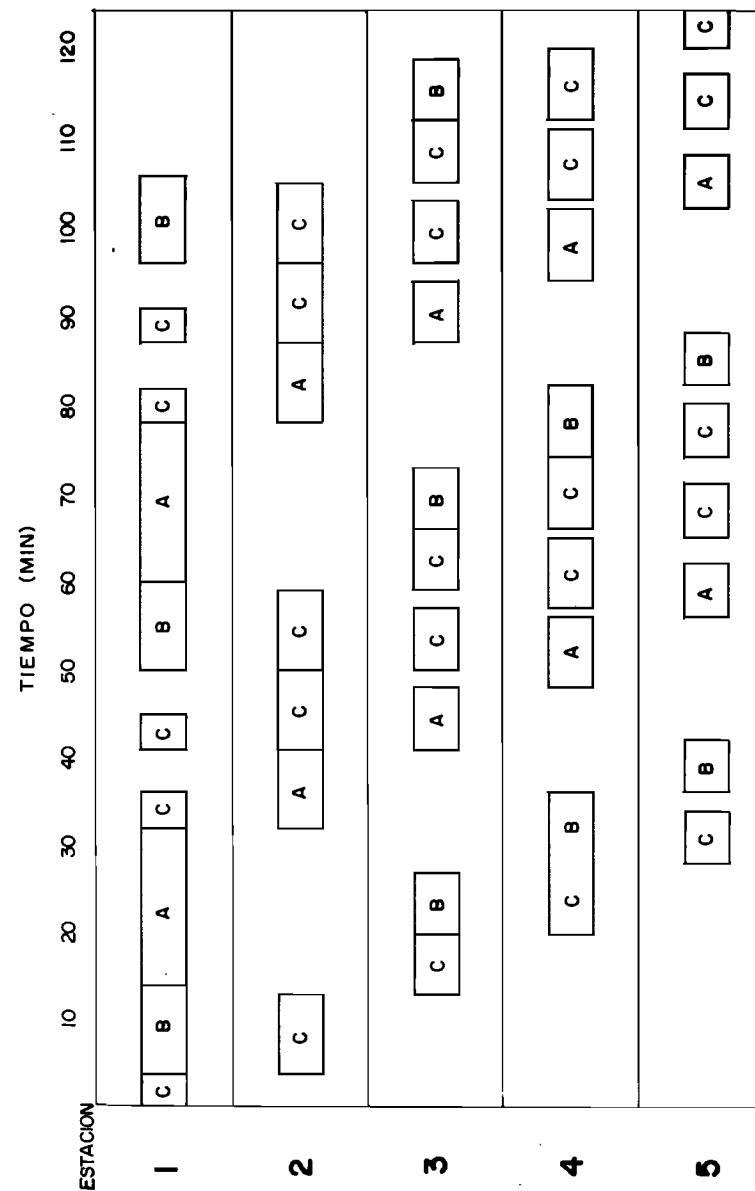


Figura 41

b. Cuando se realizan operaciones a ambos lados de la línea.

Se aplica la metodología explicada para el caso anterior pero con algunas modificaciones; empezando por agrupar aquellas operaciones que se realizan en el mismo lado, las cuales se asignan a estaciones denotadas como delantera (D) o traseras (T) según sea su localización. Los elementos de trabajo que puedan ejecutarse indiferentemente en la parte trasera o delantera se asignarán a las estaciones traseras o delanteras según la conveniencia. Para la construcción del Diagrama de Precedencias Conjunto utilizaremos entonces la siguiente notación:

-  Elemento realizado en la parte delantera de la línea.
-  Elemento realizado en la parte trasera de la línea.
-  Elemento que puede realizarse indiferentemente de cualquier lado.

Para facilitar la comprensión de este modelo desarrollaremos el mismo problema del caso anterior, pero ahora le añadiremos la restricción relativa al lado de la línea donde debe hacerse cada elemento de trabajo.

PROBLEMA

Programa de Producción diario:

<u>Modelo</u>	<u>N° de Unidades requeridas</u>
A	10
B	10
C	20

La planta trabaja en jornada de 8 horas (480 minutos) de las cuales son efectivas 7,5 (450 minutos). No se permite previsión de inventario entre las estaciones de trabajo, ni se puede trabajar simultáneamente por la parte delantera y la trasera.

El Diagrama de Precedencias Conjunto es el siguiente: (Fig.42)

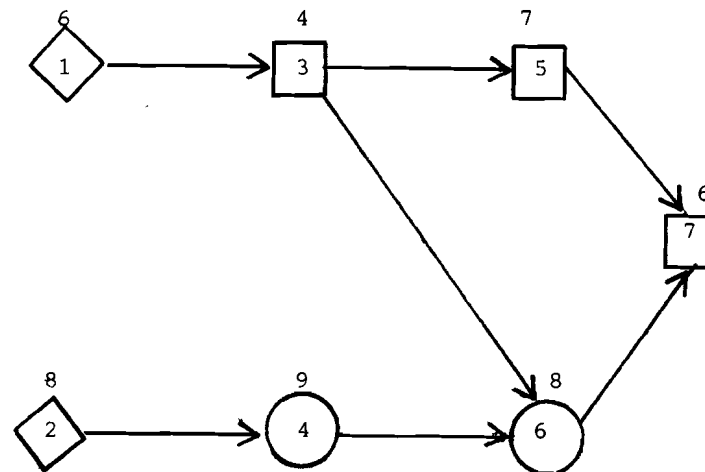


Figura 42

El modelo A lleva todas las operaciones.

El modelo B no lleva ni la 2 ni la 4.

El modelo C no lleva ni la 1 ni la 2.

Se pide:

Balancear la línea. Representar una secuencia de producción escogida.

SOLUCION:

I. Para la parte delantera (□)

1.

Elemento N°	Tiempo	Unid. a producir por día y por mod.			Total Unidades	Tiempo Total (minutos)
		A	B	C		
1	6	10	10	-	20	120
3	4	10	10	20	40	160
5	7	10	10	20	40	280
7	6	10	10	20	40	240
						800

Número mínimo de estaciones de trabajo:

$$\frac{800}{450} = 1,78$$

2. El mínimo número de estaciones para la parte delantera será 2, y el tiempo por estación:

$$\frac{800}{2} = 400 \text{ minutos}$$

3. Asignación a estaciones de trabajo delanteras (D)

Estación	Elementos Asignados	Tiempo Total (min.)	Tiempo asignado a la Estación (min.)
1D	1	120	120
	3	160	280
2D	5	280	280
3D	7	240	240

II. Para la parte trasera (O)

Elemento N°	Tiempo	Unid. a producir por día y por mod.			Total Unidades	Tiempo Total (minutos)
		A	B	C		
2	8	10	-	-	10	80
4	9	10	-	20	30	270
6	8	10	10	20	40	320
Tiempo Total						670

$$\text{Número Mínimo de Estaciones de trabajo: } \frac{670}{450} = 1,44$$

2. El número mínimo de estaciones de trabajo para la parte trasera será 2, y el tiempo por estación:

$$\frac{670}{2} = 335 \text{ minutos}$$

3. Asignación a estaciones de trabajo traseras (T)

Estación	Elementos Asignados	Tiempo Total (min.)	Tiempo asignado a la Estación (min.)
1 T	2	80	80
2 T	4	270	270
3 T	6	320	320

III. Cálculo de los tiempos de operación en cada Estación.

4.

Estación	Tiempos de operación por modelo (minutos)		
	A	B	C
1 D	10	10	4
2 D	7	7	7
3 D	6	6	6
1 T	8	-	-
2 T	9	-	9
3 T	8	8	8

5. Secuencia para la programación

El Máximo Común Divisor de las cantidades a producir (10, 10, 20) es 10 y la proporción correspondiente a cada modelo será:

$$\text{Modelo A: } \frac{10}{10} = 1$$

$$\text{Modelo B: } \frac{10}{10} = 1$$

$$\text{Modelo C: } \frac{20}{10} = 2$$

Algunas de las secuencias posibles serían:

CCAB; CABC; ACBC; ACCB; etc.

6. Programación

Haremos la programación de una de las secuencias, por ejemplo CBAC. En el Gráfico de Gantt adjunto hemos hecho la representación considerando que no se permite previsión de inventario entre estaciones y, que no se puede trabajar en forma simultánea en ambos lados de la línea, para los primeros 120 minutos de la jornada de trabajo (Figura 43).

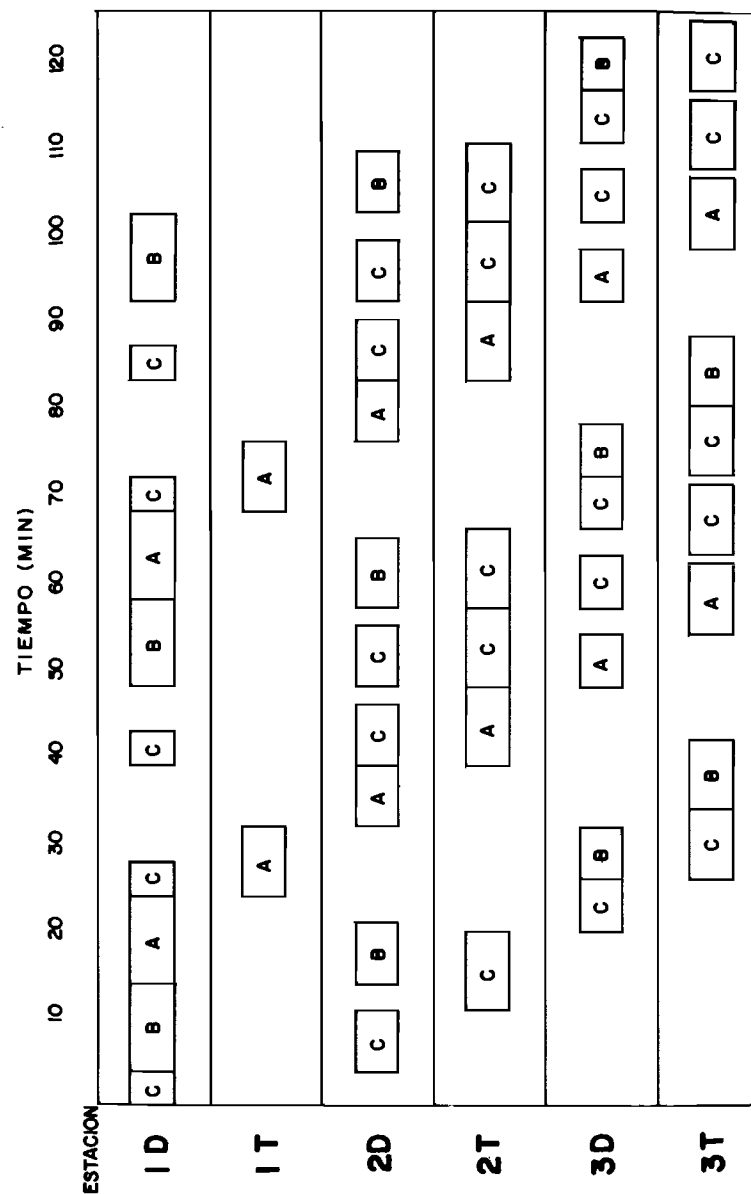


Figura 43

VII. MEDICION DEL TRABAJO

La búsqueda de un nuevo método originará la formulación de una serie de alternativas que constituyen posibles soluciones al problema planteado; pero entre ellas habrá una que con base en las variables seleccionadas, las restricciones impuestas y los criterios de evaluación escogidos, sea más ventajosa que las otras (para el momento) y será la que se convertirá en el Método Propuesto.

El Método Propuesto deberá luego ser Normalizado para finalmente proceder a medir su tiempo de ejecución.

La técnicas de medición del trabajo pueden clasificarse en dos grupos:

- a. De observación directa
- b. Basadas en Registros Históricos

Entre las técnicas de observación directa tenemos: La Estimación de Tiempos, el Cronometrado y el Muestreo de Trabajo; y entre las basadas en recopilaciones o datos históricos se encuentran: los Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos, los Datos Estandarizados de Tiempo y las Fórmulas de Tiempo. La Medición del Trabajo tiene la finalidad de determinar el Tiempo Estándar de ejecución de la actividad bajo estudio.

1. EVALUACION DE ALTERNATIVAS

En general, los pasos a seguir para comparar diferentes alternativas serán:

- a. Seleccionar los criterios específicos de evaluación
- b. Cuantificar cada alternativa con relación a estos criterios.
- c. Convertir los estimados hechos a términos monetarios.
- d. Comparar cada alternativa con las otras, tomando en consideración los criterios cuantificables y los no cuantificables.
- e. Seleccionar la alternativa más adecuada.

La cuantificación de las alternativas puede hacerse tomando como base los tiempos de ejecución, el tiempo requerido para instalarlas, el mantenimiento necesario, el esfuerzo que demanda del operario, la fatiga que produce, los costos de equipos, herramientas y materiales, los costos de operación, etc. Algunos de estos criterios resultan

sumamente difíciles de cuantificar, como por ejemplo el esfuerzo, la fatiga, y en general los relacionados con la conducta humana; por lo tanto habrá que considerarlos como intangibles en el momento de tomar la decisión final. La variable que puede ser cuantificada más satisfactoriamente es el tiempo de ejecución.

2. ESTIMACION DE TIEMPOS DE EJECUCION DE ALTERNATIVAS.

El tiempo esperado de ejecución, como cualquier otro criterio usado para asistir en la selección del método propuesto, debe estimarse ordinariamente cuando se está aún en la etapa de planificación, es decir, sobre el papel. Si dicho tiempo está determinado por una máquina o por el proceso, su predicción puede hacerse con un grado de precisión relativamente alto. Esto no sucede, sin embargo cuando el tiempo de ejecución depende del operario. Algunos de los medios de que dispondremos para predecir tiempos de ejecución manual son:

a. Por puro juicio.

Estimar el tiempo requerido basándose en la experiencia de la persona que hace la estimación, comparando con casos similares y aplicando el sentido común. El error asociado con la utilización de este procedimiento es relativamente grande, pero su costo es muy bajo. La estimación por puro juicio resulta apropiada cuando las consecuencias de tomar una decisión errónea no sean muy graves, o cuando una alternativa obviamente resulta superior o inferior que otras.

b. Simular el método y determinar el tiempo de ejecución de esta simulación.

Este procedimiento resulta relativamente burdo, ya que solamente se simulan los movimientos sin utilizar las herramientas, los equipos y los materiales que especifica la alternativa ensayada. Sin embargo, su costo es relativamente bajo y resulta superior al puro juicio con respecto al error cometido.

c. Simular el método usando prototipos de la distribución y del equipo a utilizar.

Las limitaciones de este procedimiento son varias: Primeramente el costo de preparar los prototipos hace que solamente sea conveniente utilizarlo para casos de operaciones de gran volumen de producción o de mucha importancia relativa; segundo, hay que agregar el costo de las mediciones de ensayo, y además la persona que simula el método no está por lo general avelada en la ejecución y esto

constituye una fuente de error. También el momento de tomar la decisión se vé restringido por el tiempo necesario para construir los prototipos. Sin embargo, la confiabilidad en este caso debería superar a la de los dos primeros.

d. Obtener estimados de tiempo mediante síntesis utilizando tiempos predeterminados.

Los sistemas de tiempos predeterminados proporcionan los tiempos de ejecución de agrupaciones de Therbligs. Si descomponemos la tarea global en los elementos que la integran atendiendo al sistema que escojamos, obtendremos en las tablas respectivas los tiempos de ejecución de dichos elementos. Posteriormente sumamos todos esos tiempos para obtener el tiempo de ejecución de la tarea. Las limitaciones de este tipo de estimación provienen de la necesidad de saber cómo aplicar los sistemas de tiempos predeterminados y por el tiempo que se tarda el cómputo del tiempo de ejecución de cada alternativa, lo cual es notorio cuando tenemos que evaluar varias. El error asociado es ordinariamente menor que el imputable a los dos primeros y compara favorablemente con la estimación hecha utilizando prototipos.

3. EL ESTUDIO DE TIEMPOS

El Estudio de Tiempos se define como una técnica para establecer un Tiempo Estándar para realizar una tarea dada. Esta técnica se basa en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, permitiendo las debidas Tolerancias por fatiga, demoras inevitables y necesidades personales. El objetivo de Estudio de Tiempos no es determinar cuánto tarda un trabajo, sino cuánto debería tardar.

A. CONCEPTO DE ESTANDAR

Una medida estándar constituye un denominador común o base para expresar una característica o fenómeno en términos cuantitativos. Ejemplos de estándares comunes son el metro, el segundo, el grado centígrado, la libra. Esta unidad de medición es arbitraria; con el único requerimiento de que la población que va a usarla esté en total acuerdo con ella y que la misma sea comunicable. Podríamos expresar satisfactoriamente las distancias en términos de la cola de un cierto elefante con la condición de que las personas afectadas supiesen el significado. Un estándar no tiene por qué ser universal; sólo tiene que haber un acuerdo entre la población que intenta usarlo. Esta población podría consistir en dos individuos, el personal de una planta, un país o varios países.

B. EL TIEMPO ESTANDAR

El Tiempo Estándar es una función del tiempo requerido para realizar una tarea:

1. Usando un método y equipo dados.
2. Bajo condiciones de trabajo específicas.
3. Por un trabajador que posea suficiente habilidad y aptitudes específicas para ejecutar la tarea en cuestión.
4. Trabajando a un ritmo que permite que el operario haga el esfuerzo máximo sin que ello le produzca efectos perjudiciales.

El Tiempo Estándar se expresa por la relación:

$$TE = TPS \cdot C_v + \text{Tolerancias}$$

Siendo:

TE = Tiempo Estándar

TPS = Tiempo Promedio Seleccionado

C_v = Calificación de Velocidad

El producto $TPS \cdot C_v$ constituye lo que se conoce como Tiempo Normal de ejecución; es decir, el tiempo que tarda un operario trabajando a Ritmo Normal en ejecutar una tarea dada.

Las técnicas de medición del trabajo tales como el Cronometrado, el Muestreo de Trabajo, el uso de la cámara cinematográfica o de video u otros registradores de tiempo mediante observación directa; y aquellas basadas en Registros Históricos, como los Datos Estandarizados de Tiempo, las Fórmulas de Tiempo, los Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos o los sistemas computarizados, representan la mejor forma de establecer estándares de producción. Todas las técnicas consideran cada detalle del trabajo y su relación con el Tiempo Normal necesario para realizar el ciclo completo.

Los Estándares establecidos en forma precisa harán posible producir más y mejor dentro de una planta dada, incrementándose la eficiencia del equipo y del personal. Los Estándares mal establecidos, aún cuando sea mejor tenerlos a no tener ninguno, ocasionarán altos costos, insatisfacción de los trabajadores, y eventualmente la posible falla de la empresa.

El Tiempo Estándar debe considerarse como una referencia que permitirá mejorar en forma incremental la ejecución de un trabajador, de un Departamento o de toda la planta.

C. ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONOMETRO.

a. Equipo para el estudio de tiempos con cronómetro.

El equipo básico mínimo requerido para realizar un Estudio de Tiempos incluye:

1. Cronómetro
2. Tabla de cronometrado.
3. Formato de Estudio de Tiempos
4. Calculadora

Además puede utilizarse otro tipo de equipo para tomar los tiempos, como son la cámara cinematográfica, de video, o diferentes registradores de tiempo. El cronómetro sigue siendo el dispositivo más utilizado debido a su versatilidad, facilidad de manejo y bajo costo.

El Cronómetro.

Existe diversidad de tipos de cronómetro: analógicos o digitales. De los analógicos los más utilizados son el de minuto centesimal y el de hora decimal. Por lo general el cronómetro analógico consta de:

Una esfera principal con su aguja

Una esfera totalizadora con su aguja

La corona para devolver la aguja principal a cero (y en algunos para también dar cuerda).

La corona para activar y detener el cronómetro.

La Tabla de cronometrado.

La tabla de cronometrado tiene por finalidad sostener el cronómetro y el formato, para facilitar la lectura y anotación de los registros proporcionando apoyo al analista. Debe ser de poco peso y fácil de sostener con una sola mano. Se construye de materiales tales como maderas, baquelita fina o cualquier otro que sea ligero. Existen algunas tablas que disponen de cronómetro digital incorporado y hasta de calculadora.

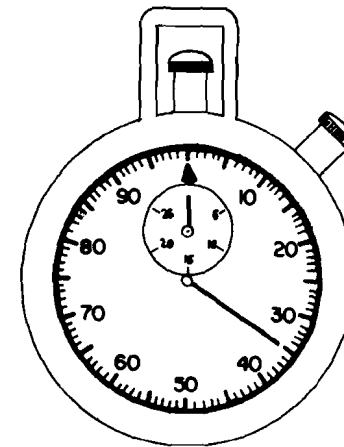


Figura 44

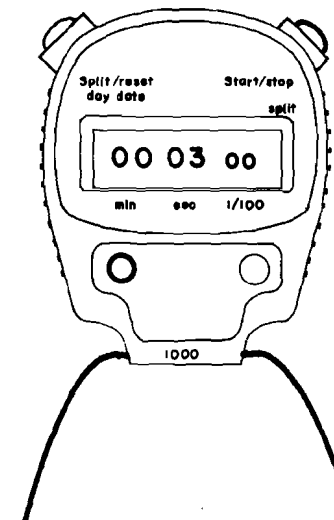
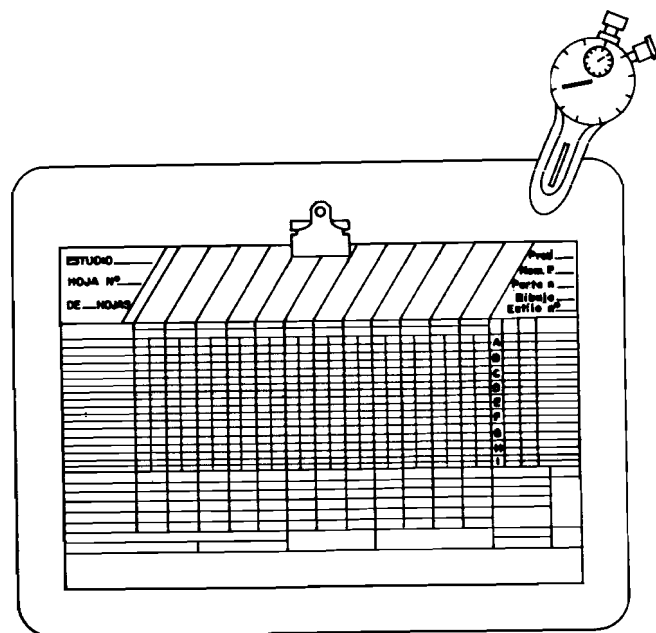


Figura 45

**Figura 46**

El Formato de Estudio de Tiempos

Cada empresa puede diseñar el formato de estudio de tiempos que más se adecúe a sus necesidades. Sin embargo, los requerimientos respecto a la información que debe contener son comunes para cualquier tipo de formato que se diseñe. En la figura 47 se presenta un formato, cuya descripción se hará posteriormente en el texto.

b. Pasos previos a la realización de un Estudio de Tiempos con Cronómetro.

El cronometrista debe tener suficiente entrenamiento práctico para poder obtener resultados precisos; además debe estar familiarizado con la tarea que va a medir. Antes de proceder con el cronometrado en sí de dicha tarea es necesario cumplir con ciertos pasos como son:

1. Normalizar la tarea
2. Seleccionar al operario a observar

[illegible]

Figura 47

ESTUDIO DE TIEMPOS

3. Recolectar información complementaria.
4. Fijar una posición para el Analista
5. Dividir la operación en elementos.

1. Normalización.

Normalizar significa establecer una norma, un patrón. El Tiempo Estándar, de acuerdo con su definición, debe corresponder a un método y equipo dados, bajo condiciones de trabajo específicas y el Estudio de Tiempos en concordancia con ello estará referido al trabajo realizado bajo las condiciones que prevalecen en el momento de realizar dicho Estudio. Si esas condiciones cambian, habrá que hacer modificaciones al tiempo establecido. Es esencial entonces, tener el registro de todos los detalles del trabajo; es decir: operario, distribución, maquinaria, velocidades, calidad, dispositivos, etc. y por lo tanto esos elementos deben ser Normalizados. La tarea normalizada se presenta a través de Registro Normalizado. A continuación se presentará un ejemplo de Registro Normalizado de una operación.

REGISTRO NORMALIZADO DE LA OPERACION DE ENSAMBLAJE DE RECIPIENTE PARA CONTENER PARTES PEQUEÑAS.

1. DESCRIPCION DEL PRODUCTO.

El recipiente consta de una estructura formada por 3 partes de madera que se unen entre sí mediante tornillos tirafondo de 1/4". A dicha estructura se le fijan por medio de "chinchas" dos caras laterales de cartón. En la parte interna, en el ángulo formado por la base y la cara posterior se adosa una cuña de cartón por medio de un chinche introducido a través de la parte interna de la base de dicha cuña. Ver figuras 48, 49 y 50. Se anexa el Diagrama del Proceso. (Fig. 51).

2. DESCRIPCION DEL AREA DE TRABAJO.

El área de trabajo esta distribuida tal como se muestra en las figuras 52 y 53

2.1. Materiales

- Base de madera (dim. 24 cm x 15) x espesor 0,8 cm.
- Tapa anterior de madera (dim. 15 cm x 6 cm) 0.8 cm.

- Tapa posterior de madera (dim. 15 x 15) cm 0,8 cm.
- Caja de tornillos tirafondo (1/4").
- Caja de chinchas (Reisbrett Stitte (50) Cartón gris (1 en kg) (100 x 72).
- Cuñas desarmadas de cartón (2 en kg) (15 x 7,5)

2.2. Herramientas y Equipos.

- Taladro de Banco:
 Marca: Abarboga Maskiner Tipo: E 825
 HP 0.9/0.65
 Volt: 220
 3 fases
- Cuchilla de corte (Stanley 99 E).
- Dispositivo de fijación (ver figura 54).
- Plantilla. (ver figura 55).
- Destornillador de Paleta.
- Cajas para contener tornillos (ver figura 56).
- Mecha de 7/64"
- Engrapadora tipo alicate (Ace Clipper MOD. N° 702).

3. DESCRIPCION DE LA OPERACION.

Las partes de madera se colocan en un dispositivo de fijación de madera, el cual está sujeto al banco de un taladro. En el taladro se le hacen 3 perforaciones por lado de la base a cada una de las partes, con el objeto de servir de guías a los tornillos tirafondo que unirán las partes de madera. Luego se introducen 3 tornillos por lado y se saca la estructura armada. Se cortan las caras laterales mediante una plantilla y una cuchilla tipo "Stanley". Se toman las caras de cartón y se unen a la madera con 4 chinchas por lado. Posteriormente se le coloca la cuña de cartón que está hecha de antemano. Se anexan diagramas de Operaciones del Proceso y del Operador. (Fig. 57 y 58).

3.1. Elementos de la Operación.

1. Fijar dispositivo en banco del taladro.
2. Colocar parte posterior en dispositivo.
3. Colocar parte anterior en dispositivo.
4. Colocar base en dispositivo.
5. Hacer 3 perforaciones en la base del lado de la parte posterior.
6. Hacer 3 perforaciones en parte anterior.
7. Tomar 6 tornillos y destornillador.
8. Fijar con 3 tornillos parte anterior a base.
9. Fijar con 3 tornillos parte posterior a base.
10. Desmontar estructura semi-ensamblada.
11. Colocar estructura en mesón.
12. Cortar dos caras laterales de cartón.
13. Tomar cuña, armar y engraparla.
14. Fijar cuña de cartón mediante un chinche.
15. Colocar la cara de cartón lado izquierdo y fijar con chinchas.
16. Colocar la cara de cartón lado derecho y fijar con chinchas.
17. Inspeccionar producto terminado y colocarlo debajo del mesón.

4. CONDICIONES AMBIENTALES.

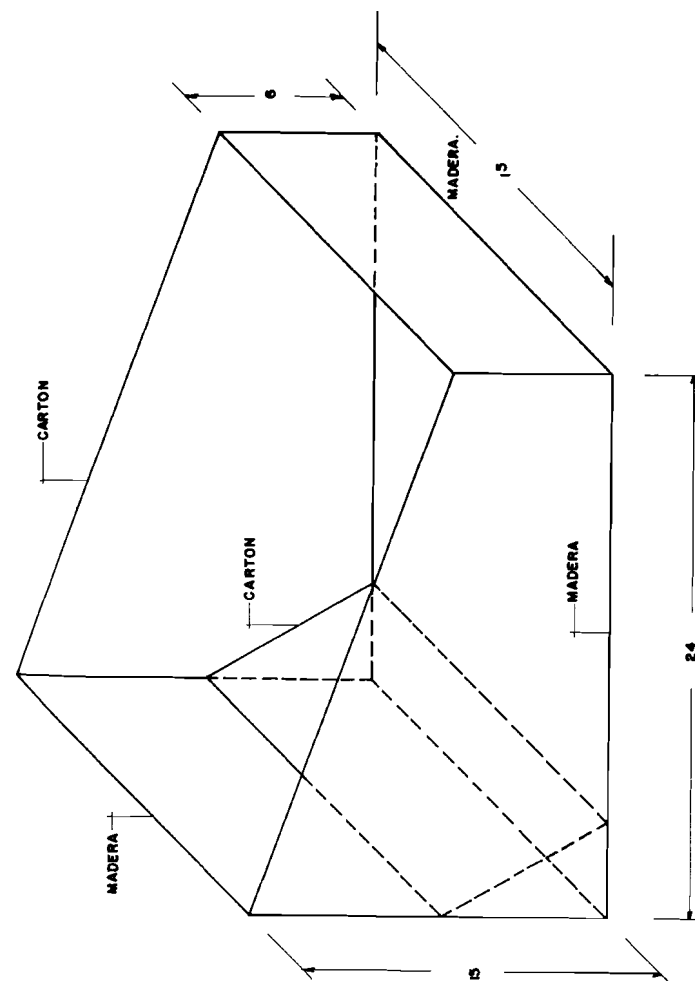
Temperatura: 27° C.

Ventilación natural adecuada.

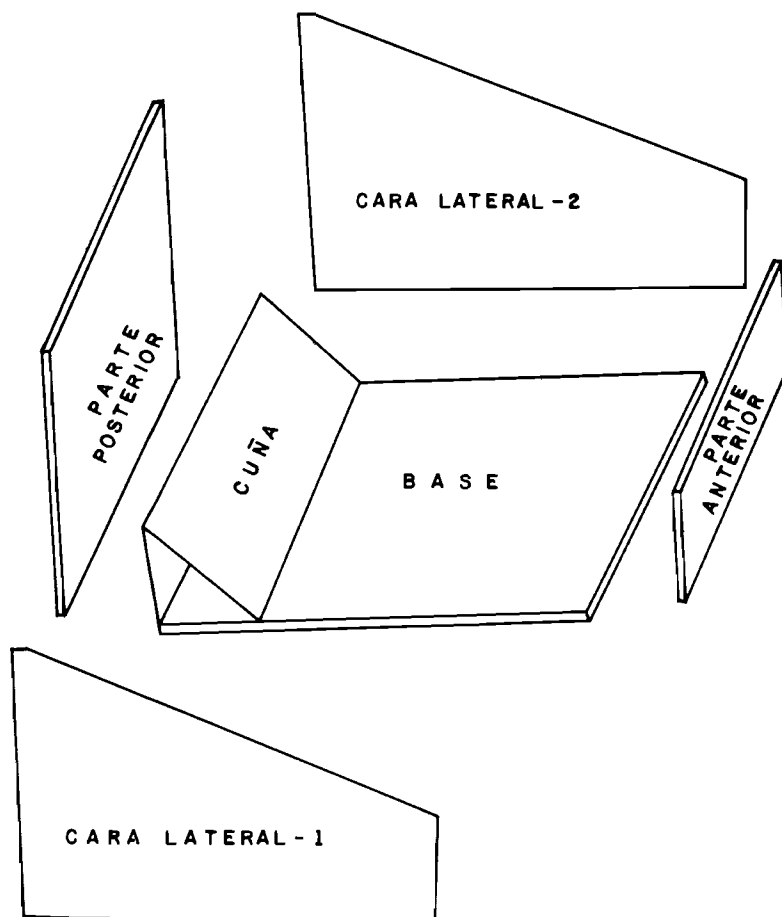
Iluminación natural adecuada.

2. Selección del operario.

El Analista debe tratar de seleccionar a un operario que sea representativo del promedio; es decir, no conviene basar el Estudio en mediciones hechas a un operario muy rápido o muy lento. El rápido tiende a hacer simplificaciones que no son posibles de ser efectuadas por el operario común. Si no tenemos otra alternativa pues la tarea es



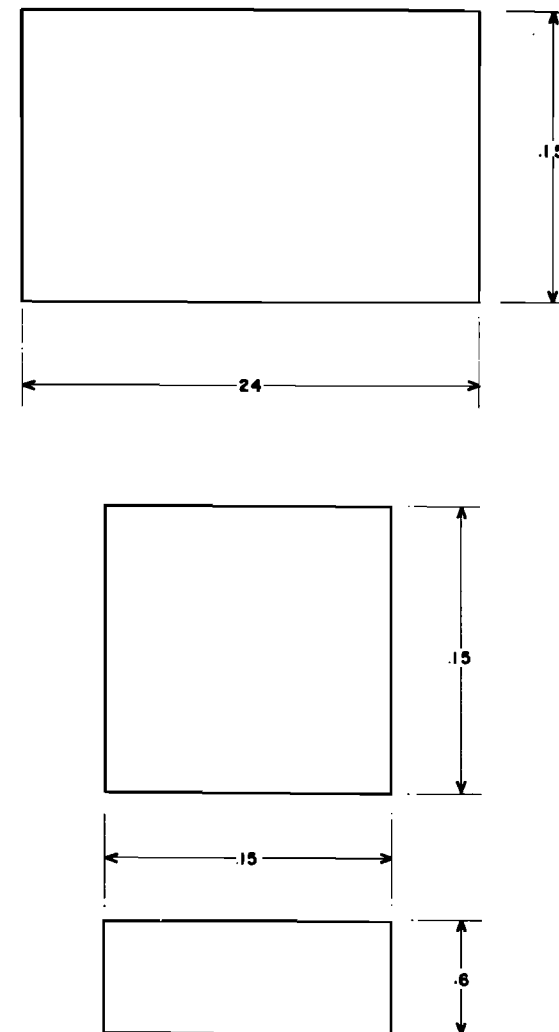
VISTA ISOMETRICA DEL RECIPIENTE PARA CONTENER PARTES PEQUEÑAS
Fig. 48



VISTA DE PARTES A ENSAMBLAR

RECIPIENTE CONTENEDOR DE PIEZAS

Fig. 49



PARTES DE MADERA DE RECIPIENTE A ENSAMBLAR. esp. = 0.8 cms.

Esc. 1:3

Fig. 50

Pag. 1 de 1.

RESUMEN					DIAGRAMA DEL PROCESO					
	Actual		Propuesto		Diferencia	Nombre del Proceso	Se inicio en	Se termino en	Hecho por	Fecha
	No	Tiempo	No	Tiempo						
☐ OPERACIONES						ENSAMBLE DE RECIPIENTE				
☒ TRANSPORTES						☒ Hombre ☐ Material				
☐ INSPECCIONES						Se inicio en	transporte a mesa 1			
☐ DEMORAS						Se termino en	hacer cuña			
☐ ALMACENAJES						Hecho por	EZEQUIEL GOMEZ			04-09-83
Distancia Recorrido										

DESCRIPCION DEL METODO	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo	ANALISIS			OBSERVACIONES	ACCION			
									¿por que?	¿cuando?	¿cómo?		eliminar	combinar	secundar	eliminar
1 A mesa Nº 1	☒	☒	☒	☒	☒											
2 Tomar 3 tablas	☒	☒	☒	☒	☒											
3 A taladro	☒	☒	☒	☒	☒											
4 Colocar tablas en dispositivo de fijación.	☒	☒	☒	☒	☒											
5 Accionar taladro	☒	☒	☒	☒	☒							Hacer 6 perforaciones				
6 A mesa Nº 1	☒	☒	☒	☒	☒											
7 Tomar 6 tornillos	☒	☒	☒	☒	☒											
8 A taladro	☒	☒	☒	☒	☒											
9 Introducir tornillos	☒	☒	☒	☒	☒							Mediante destornillador				
10 Sacar estructura	☒	☒	☒	☒	☒											
11 A mesa Nº 2	☒	☒	☒	☒	☒											
12 Fijar laterales	☒	☒	☒	☒	☒							mediante 4 chinchas				
13 Fijar cuña	☒	☒	☒	☒	☒							mediante 1 chinche				
14	☒	☒	☒	☒	☒											
15 Hacer laterales	☒	☒	☒	☒	☒											
16 Hacer cuña	☒	☒	☒	☒	☒											
17 A mesa Nº 1	☒	☒	☒	☒	☒											
18 Tomar 3 tablas	☒	☒	☒	☒	☒											
19 A taladro	☒	☒	☒	☒	☒											
20	☒	☒	☒	☒	☒											
21	☒	☒	☒	☒	☒											
22	☒	☒	☒	☒	☒											
23	☒	☒	☒	☒	☒											
24	☒	☒	☒	☒	☒											
25	☒	☒	☒	☒	☒											

Fig. 51

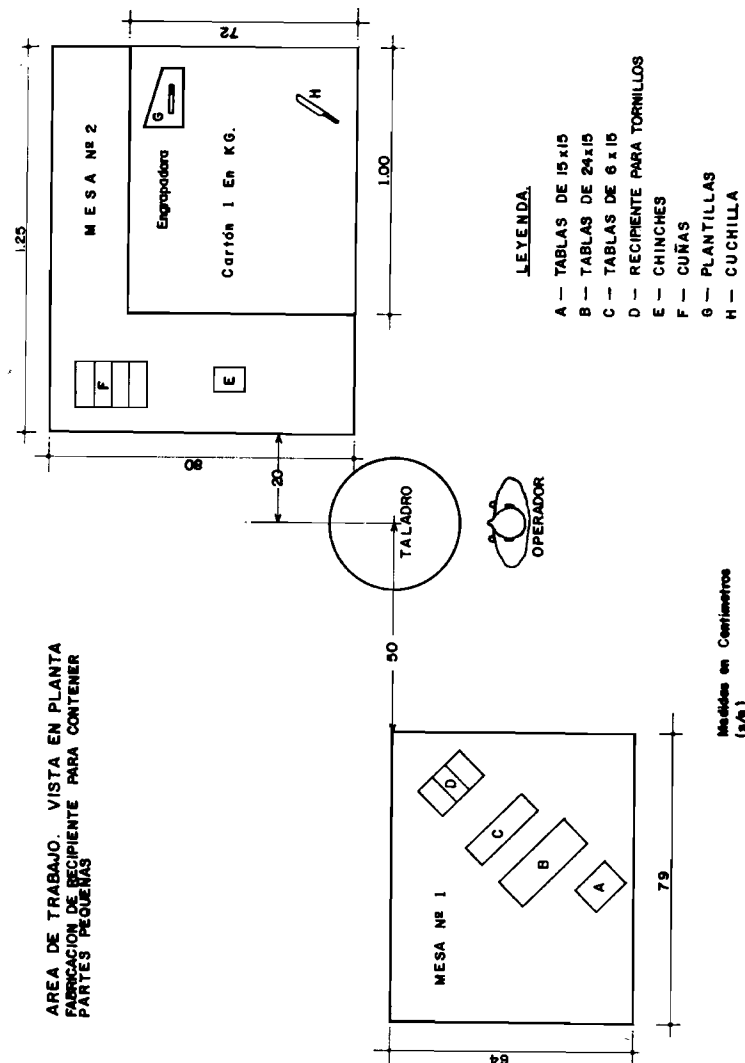
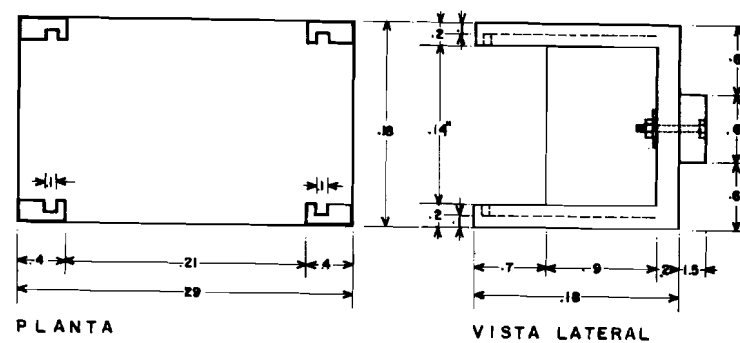
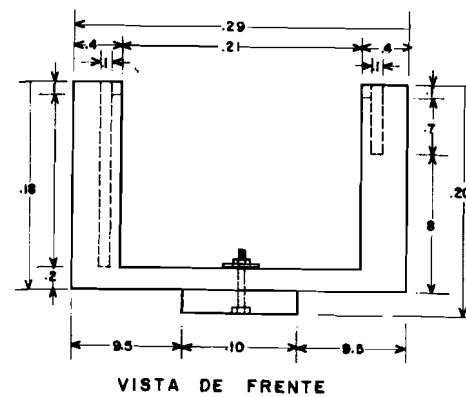
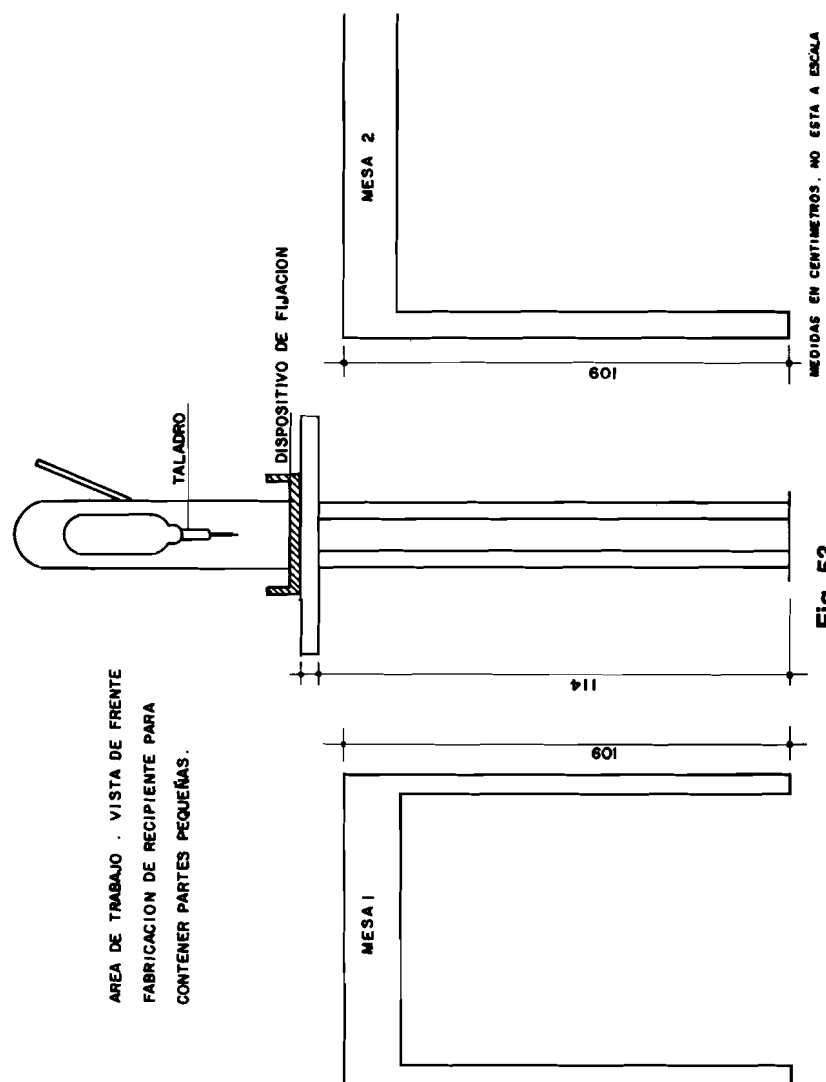
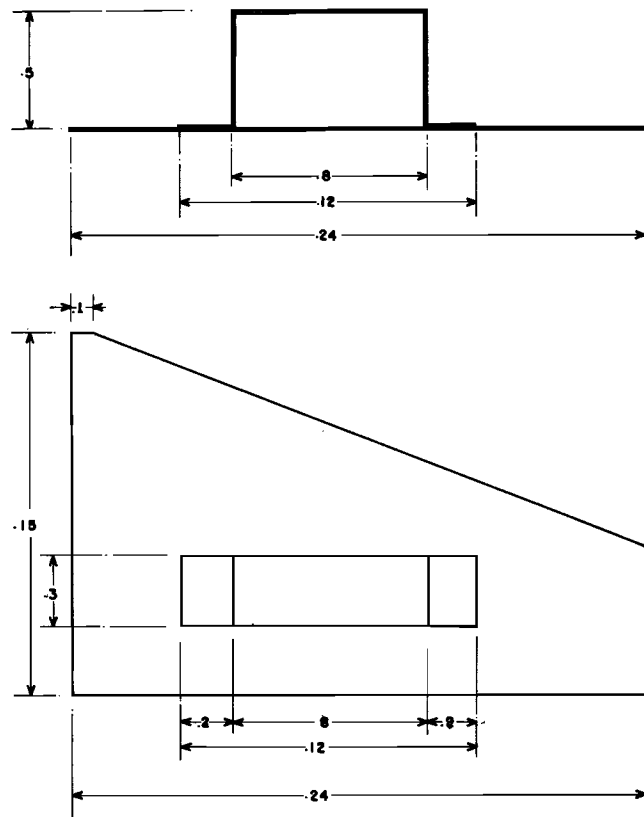


Fig. 52



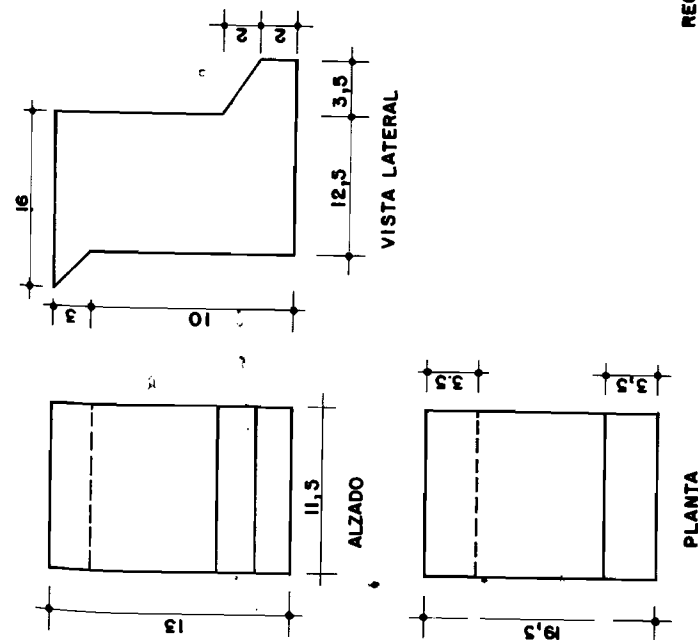
DISPOSITIVO DE FIJACION

Fig. 54



PLANTILLA DE LAMINA DE HIERRO GALVANIZADO. col.18
Esc. 1:2

Fig. 55



RECIPIENTE PARA CONTENER TORNILLOS.
DIFERENTES VISTAS E ISOMETRIA.

Fig. 56

NO ESTA A ESCALA.

DIAGRAMA DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO DE ELABORACION DE UN RECIPIENTE PARA GUARDAR PARTES PEQUEÑAS

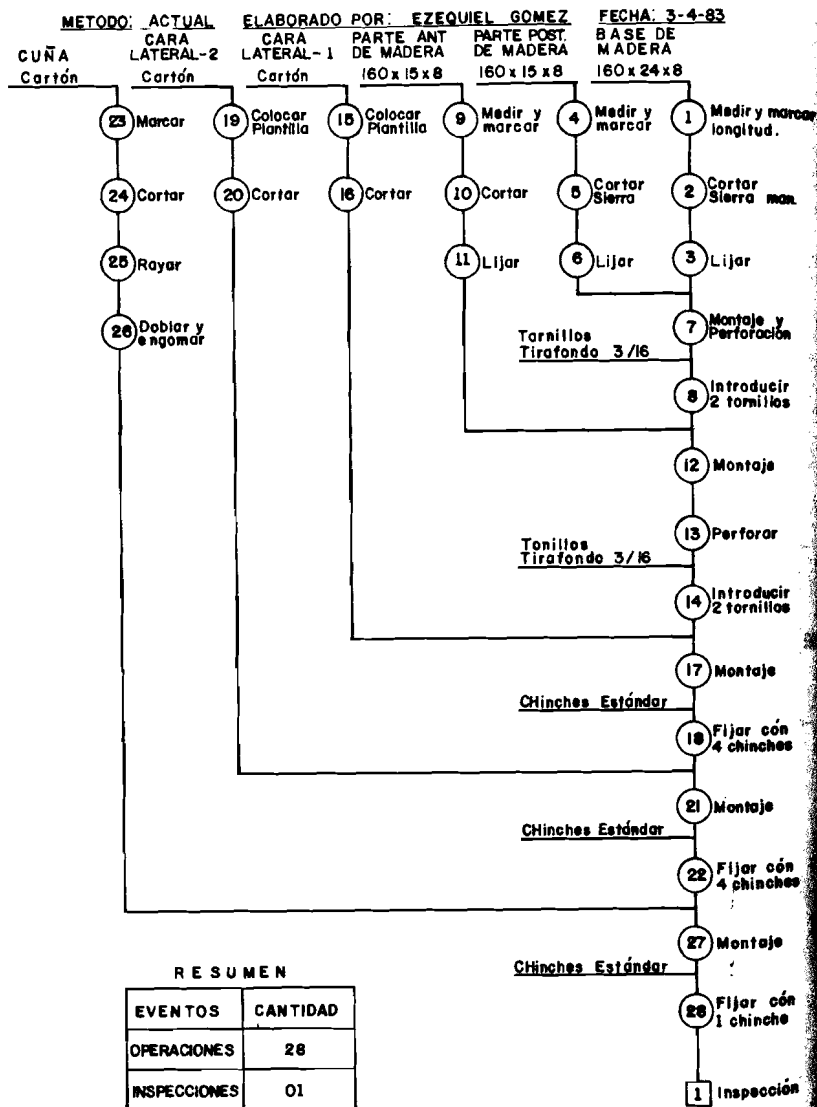
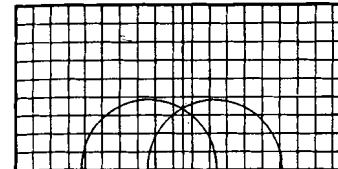


Fig. 57

DIAGRAMA DEL OPERADOR

RESUME		PRESENTE		PROPUESTO		DIFERENCIA	
POR	PIEZAS	MI	MD	MI	MD	MI	MD
☐	OPERACIONES						
☐	TRANSPORTES						
☐	SOSTENER						
☐	DEMORAS						
	DISTANCIAS						

DISTRIBUCION DEL AREA DE TRABAJO



OPERACION ELABORACION DE LATERALES

Y CUNA

METODO { ACTUAL } FECHA 04-02-88

OPERADOR JUAN PEREZ

HECHO POR EZEQUIEL GOMEZ

ESQUEMA DE LA PIEZA.

MANO IZQUIERDA.	MANO DERECHA.
Va por plantilla	Va por cuchilla
Toma plantilla	Toma cuchilla
Coloca plantilla sobre cartón	Sostiene cuchilla
Sostiene plantilla	Corte lateral 1
Levanta plantilla	Suelta cuchilla
Sostiene plantilla	Separa lateral y deja sobre mesa.
Coloca plantilla sobre cartón	Coge cuchilla
Sostiene plantilla	Corta lateral 2
Levanta plantilla	Suelta cuchilla
Suelta plantilla	Separa lateral y deja sobre mesa.
Va por cartón de cuna	Espera
Coge cartón de cuna	Espera
Trae a área de ensamble	Coge cartón
Dobla cartón	Dobla cartón
Sujeta cartón	Va por engrapadora
Sujeta cartón	Toma engrapadora
Sujeta cartón	Trae engrapadora a área de engrape.
Sujeta cartón	Engrapa

Fig. 58

realizada por un sólo operario, debemos ser muy cuidadosos a la hora de calificar la velocidad de ejecución. La experiencia demuestra que la Calificación de Velocidad pierde precisión a medida que la velocidad de trabajo del operario se aparta del valor medio.

Al operario debe explicársele el objetivo del Estudio, tratando de venderle la idea para así lograr su cooperación, dicho contacto debe iniciarse a través de su Supervisor

3. Recolección de información.

Si bien hay disponible un Registro Normalizado del trabajo que se va a medir, antes de comenzar dicha medición debe obtenerse en el propio sitio toda la información relacionada con el mismo: tipos de máquinas, herramientas y dispositivos empleados, características de los materiales, nombre del operario, nombre del departamento en donde se va a realizar el Estudio de Tiempos, condiciones de trabajo que prevalecen, etc. Toda esta información resulta útil y permite hacer una revisión y comparación entre lo que especifica el Registro Normalizado y lo que se está haciendo realmente. Con base en ello es posible investigar nuevamente, el método, pues si se han hecho modificaciones las mismas podrían ser ventajosas para dicho método o por el contrario ser perjudiciales.

4. Posición del Analista.

El Analista de Tiempos debe situarse de forma tal que pueda observar todos los movimientos del operario, pero sin interferir en la ejecución normal del trabajo. Debe permanecer de pie, pues así tendrá libertad para moverse alrededor del área de trabajo y captar mejor algunos movimientos. Además, desde el punto de vista de relaciones humanas es preferible que el operario observe así al Analista.

5. Division de la operación en elementos.

La mayoría de los trabajos constan de uno o más elementos los cuales probablemente varían en sus requerimientos de habilidad, energía, concentración, etc, necesarios para ejecutarlos. Esto afecta indudablemente el ritmo o rata de trabajo. Debido a estas variaciones a la necesidad posterior de asignar Tolerancias y para obtener mayor precisión, dichos elementos de trabajo deben ser identificados. Además, el disponer de tiempos de ejecución de los diferentes elementos permite:

Tener una data que puede utilizarse como fuente histórica para otros casos en los cuales haya elementos similares.

Hacer un mejor prorrateo de costos.

Hacer más fácil la medición, pues cada vez nos concentramos en sólo elemento.

Reanalizar el método para ver si todos los elementos son en verdad necesarios

Obtener mayor precisión en el Estudio. La repercusión que tiene un error cometido en uno de los elementos sobre el Estudio total se diluye, en comparación con el error cometido al considerar la tarea como un todo.

Considerar diferencias en cuanto a requerimientos.

Facilitar las correcciones futuras del tiempo total determinado.

Las reglas para dividir la operación en elementos son:

1. En términos generales los elementos deben ser de tan corta duración como sea posible, pero no tan cortos que ocasionen una pérdida en la precisión del Estudio. Se ha comprobado que una duración entre 0,04 y 0,33 minutos es razonable para un elemento cualquiera. Si los elementos que preceden y suceden son largos (mayores de 0,08 ó 0,10 minutos) pueden registrarse elementos de hasta 0,02 minutos. Con un cronómetro digital pueden obtenerse lecturas menores. Estos cronómetros presentan la ventaja de que podemos detenerlos para leer el punto terminal del elemento, mientras él internamente sigue acumulando el tiempo total transcurrido. La duración de los elementos es importante ya que el Analista tiene que hacer una serie de actividades a la vez; observar el cronómetro, estar pendiente de los puntos terminales de los elementos, leer el cronómetro en el momento en que finaliza el elemento y anotar las lecturas.
2. Asegurarse de que todos los elementos son necesarios. Si se encuentra alguno innecesario deberá rehacerse el Estudio de Métodos.
3. Separar los elementos manuales de los de maquinado. Estos elementos son de naturaleza diferente y por lo tanto recibirán tratamientos distintos.

4. Dentro de los elementos manuales, separar aquellos que necesitan un mayor esfuerzo mental o un esfuerzo, concentración o habilidad especial.
5. Separar los elementos constantes de los variables. Elementos constantes son aquellos que no dependen de las características de la parte que se procesa. Por ejemplo, prender o apagar la máquina. Los elementos variables dependen de características tales como peso, calidad, distancia, etc.
6. Para identificar completamente los puntos terminales de los elementos y desarrollar consistencia al leer el cronómetro de uno a otro ciclo, la división en elementos debe considerar un movimiento o señal característicos que indique claramente que un elemento ha finalizado. Por ejemplo, prender o apagar la máquina, colocar una parte en un recipiente, cambiar de posición, etc. Si se pueden obtener señales acústicas o luminosas, las mismas proveen un buen punto de referencia.

c. Cronometrado.

Existen dos técnicas para realizar el cronometrado de una operación:

1. El Método Continuo
2. El Método Intermitente

1. El Método Continuo

Consiste en poner en marcha el cronómetro en el momento de comienzo del Estudio y no se detiene sino hasta que éste haya concluido. Cada vez que finaliza un elemento se lee el cronómetro y se hace la anotación respectiva.

2. El Método Intermitente.

Consiste en activar el cronómetro al comienzo del Estudio y luego, cada vez que finaliza un elemento se obtura la corona que devuelve la lectura a cero. En este caso se obtiene directamente la duración de cada elemento, mientras que con el método continuo para obtener la duración de los elementos hay que hacer la substracción de dos puntos terminales consecutivos.

Ventajas y desventajas del Método Continuo

Ventajas:

1. Permite tener un registro completo de la observación hecha.
2. Las demoras y los elementos extraños a la tarea que se está midiendo, aparecen en el Estudio. Esto es importante a la hora de hacer el cálculo final del Tiempo Estándar pues nos da una estimación del tiempo que podría concederse para cubrir necesidades personales o demoras inevitables (Si la duración del Estudio lo permite).

Desventaja:

Se necesita disponer de tiempo adicional para procesar los datos al final del Estudio.

Ventajas y desventajas del Método Intermitente.

Ventajas:

1. Los valores de tiempo de ejecución se leen directamente, por lo tanto, no hay que perder tiempo posteriormente haciendo substracciones.
2. La notación utilizada es muy fácil de entender. Los elementos que son realizados sin seguir el orden establecido pueden registrarse fácilmente sin requerir de notación especial.
3. No es necesario registrar las demoras,

Desventajas:

1. Se pierde tiempo al obturar la corona y por lo tanto se introduce un error acumulativo en el Estudio.
2. Los elementos de muy corta duración son difíciles de medir.
3. No se tiene un registro completo del método, por cuanto las demoras y Elementos Extraños pueden ser omitidos por el Analista.
4. El Analista puede anticipar los valores de acuerdo con sus expectativas

7. Descripción del Formato de Estudio de Tiempos.

El formato que se describirá es el presentado en la Figura número 47 de este texto.

1. PARTE SUPERIOR IZQUIERDA

- Fecha en que se hizo el Estudio.
- Identificación del Estudio. (Por lo general a cada Estudio se le asigna un número o código).
- Información sobre el número de la hoja y el total de hojas que contiene el registro hecho.

2. PARTE SUPERIOR DERECHA

- Nombre del producto que se elabora.
- Nombre de la pieza o parte en particular que se fabrica (si es aplicable).
- Código asignado a la parte
- Referencia a los planos que identifican la parte.

3. CUERPO

- Espacio para la descripción de hasta doce elementos. A cada uno de estos espacios le corresponde una columna dividida en dos secciones (T, L), en las cuales pueden hacerse hasta veinte anotaciones de tiempos. En la columna L (Lectura del cronómetro) se registran las lecturas obtenidas mediante el Método Continuo; en la columna T (Tiempo del elemento) se registran los tiempos de duración del elemento. Es decir, si estamos midiendo por el Método Intermitente hacemos las anotaciones directamente en la columna T; mientras que si medimos por el Método Continuo anotaremos en la columna L los puntos de finalización de los elementos y posteriormente, al hacer las substracciones, anotaremos en la columna T los tiempos resultantes.
- Espacio para el registro y descripción de hasta diez "Elementos Extraños".

Cuando se hace la medición por el Método Continuo, puede darse el caso de que ocurran elementos ajenos a la operación que se realiza; como por ejemplo cuando el operario interrumpe la ejecución para hablar con otro, o para ir al baño, o porque faltó material etc. Sin embargo, no se desea perder las lecturas de los tiempos de los elementos en que se ha dividido el trabajo. Entonces se hará el registro de estos eventos considerándolos

como "Elementos Extraños".

Un Elemento Extraño puede ocurrir según dos casos:

- Después de finalizado un elemento de trabajo
- Después de comenzado el elemento de trabajo se interrumpe y sucede el Elemento Extraño.

Caso 1

Elemento I. Elemento Extraño A. Elemento II. Elemento III

00	20	60	80	00

El registro en el Formato de Estudio de Tiempos se haría así:

I		II		III	
T	L	T	L	T	L
	20		A 80		00

A	L	T
	60	
	20	

En el formato se anotan los momentos de finalización de cada elemento; por lo tanto para este caso leeremos que el elemento II terminó a los 80. Pero el símbolo "A" nos refiere a la columna de Elementos Extraños. Ese símbolo indica que para obtener la duración del elemento II debemos tomar en cuenta que ocurrió un elemento extraño "A", el cual comenzó a las 20 y terminó a las 60. Se observa que el momento de comienzo del elemento extraño A coincide con la finalización del elemento de trabajo I. El momento de comienzo del Elemento Extraño se anota en la parte inferior del espacio provisto; y en la superior el momento de finalización. Como el elemento II terminó a las 80 y su comienzo tiene que coincidir con la finalización del elemento extraño A, su duración será entonces $(80-60) = 20$

En el formato tendremos

I		II		III	
T	L	T	L	T	L
20	20	20	A 80	20	00

A	L	T
	60	40
	20	

Caso 2.

Elemento I	Comienza Elem. II	Elem. Extra A	Finaliza Elem. II	Elemento III
00	20	53	73	03
				15

El registro en el Formato de Estudio de Tiempos se haría entonces:

I		II		III	
T	L	T	L	T	L
	20		A 03		15

A	L	T
	73	
	53	

El elemento II terminó de realizarse a las 03 (es decir 103). El símbolo "A" nos remite a la columna de Elementos Extraños. En dicha columna observamos que el Elemento Extraño "A" comenzó a las 53, y dado que el elemento I finalizó a las 20 transcurrieron $(53 - 20) = 33$ unidades de tiempo de ejecución del elemento II cuando ocurrió la interrupción. El elemento extraño "A" finalizó a las 73 y el

elemento II a las 03, lo cual quiere decir que finalizado el elemento extraño se continuó ejecutando el elemento II por $(103 - 73) = 30$ unidades de tiempo más. El tiempo total de duración del elemento II será $(33 + 30) = 63$

Y en el formato de Estudio de Tiempos tendremos:

I		II		III	
T	L	T	L	T	L
20	20	63	A 03	12	15

A	L	T
	73	20
	53	

- Totales. En el formato se registrarán tantos ciclos como sea necesario. Debido a que los tiempos de ejecución de un mismo elemento ofrecerán cierta variación de un ciclo a otro, debe seguirse algún criterio para escoger aquellos tiempos que se consideren representativos. Un criterio utilizado es el de la Moda; es decir, escoger aquellos valores que más se repitan; pero para poder hacer esto necesitamos disponer de un número apreciable de observaciones. Otro criterio consiste en estimar un rango de valores aceptables y descartar aquellos que caen fuera de dicho rango. Los valores descartados se encierran dentro de un círculo. Los tiempos escogidos de cada columna se suman, y esta suma se anota en la fila "Totales".
- En la fila "Nº obser" se indica para cada columna el número de observaciones que se utilizarán para obtener el promedio. Dicho promedio recibe el nombre de "Tiempo Promedio Seleccionado".
- Calific. En ella se indica la "Calificación de Velocidad" asignada a cada elemento.
- Tiempo N. "Tiempo Normal". Producto del Tiempo Promedio Seleccionado por la Calificación de Velocidad del elemento respectivo.

- g. En la parte inferior del formato se indica: El nombre del operario, su número de identificación en la empresa, si es hombre o mujer, y la hora de comienzo y finalización del Estudio (este último dato sirve para comparar el tiempo total transcurrido con la suma de todos los registros; valores que no deberían diferir mucho).
- h. La esquina inferior derecha contiene el Tiempo Normal por pieza. En términos generales el Tiempo Normal total será igual a la suma de los tiempos de los elementos (decimos en términos generales ya que por supuesto que ello dependerá de la frecuencia con que cada elemento ocurra en el ciclo, por lo tanto será la suma simple cuando cada elemento ocurra una vez en el ciclo). Al Tiempo Normal se le añaden Tolerancias (comúnmente expresadas como porcentaje del Tiempo Normal) para obtener el Tiempo Estándar. A partir del Tiempo Estándar se pueden calcular las horas necesarias para producir 100 piezas (lo cual es recomendable cuando el tiempo por pieza es muy pequeño), o las piezas por hora que se producen.

4. OTRAS NÓTACIONES UTILIZADAS EN EL FORMATO DE ESTUDIO DE TIEMPOS

- a. Cuando hacemos las mediciones por el Método Continuo siempre referimos cada lectura al cero más inmediato, para evitar tener que llevar una cuenta acumulativa. Por ejemplo, si la situación real fue: 20-60-100-110-150-200-280-290-305-405.

Se anotará en el formato: 20-60-00-10-50-00-80-90-05-105.

- b. Las omisiones de registros se indican por medio de una raya horizontal. Por ejemplo:

00	I	II	III	IV			
T	L	T	L	T	L	T	L
	15		20		—		40

- c. Trasposición de elementos. Algunas veces el operario ejecuta algunos elementos siguiendo un orden diferente al que se le ha asignado en el formato (que debe coincidir con lo que especifica el Registro Normalizado). Esto se indica dividiendo la casilla por

medio de una raya horizontal en cuya parte inferior se escribe el momento de comienzo y en la superior el momento de finalización del elemento. Por ejemplo:

00	I	II		III		IV	
T	L	T	L	T	L	T	L
			50		30		
	15		30		15		60

En este ejemplo se ejecutó primero el elemento III (ya que comenzó al finalizar el elemento I) antes que el elemento II.

- e. Número de ciclos a registrar.

Frecuentemente el número de ciclos a registrar se estima basándose en la experiencia. Algunos Analistas de Tiempo consideran suficiente treinta ciclos cuando la operación es muy repetitiva y su ciclo es corto. Compañías como la Westinghouse y la General Electric establecen sus normas en función del tiempo del ciclo y de la repetitividad de la tarea.

TABLA DE LA GENERAL ELECTRIC.

Tiempo del Ciclo (minutos)	Nº de Ciclos recomendado
.10	200
.25	100
.50	60
.75	40
1.00	30
2.00	20
4-5	15
5-10	10
10-20	8
20-40	5
40 ó más	3

(Fuente: B. Niebel, Motion and time Study, 3ª Ed. Irwin).

TABLA DE LA WESTINGHOUSE

TIEMPO POR PIEZA POR CICLO POR SOBRE (horas)	NUMERO MINIMO DE CICLOS A REGISTRAR		
	Repetitividad: más de 10.000 por año.	entre 1.000 y 10.000	menos de 1.000
8	2	1	1
3	3	2	1
2	4	2	1
1	5	3	2
0.8	6	3	2
0.5	8	4	3
0.3	10	5	4
0.2	12	6	5
0.120	15	8	6
0.080	20	10	8
0.050	25	12	10
0.035	30	15	12
0.020	40	20	15
0.012	50	25	20
0.008	60	30	25
0.005	80	40	30
0.003	100	50	40
0.002	120	60	50
menos de 0.002	140	80	60

(Fuente: B. Niebel. Motion and time Study. 3 Ed. Irwin).

También puede calcularse el número de ciclos a registrar a través de la aplicación de las Estadísticas.

Los tiempos, tanto de los elementos como del ciclo, que registramos en un Estudio de Tiempos con Cronómetro varían de una repetición a otra. Esto es sobre todo cierto para aquellos elementos manuales. Parte de esta variación es atribuible al fenómeno que se está estudiando, debido a las variaciones que son características del ser humano, a variaciones en la localización de herramientas y materiales de un ciclo a otro; variaciones en cuanto a las especifica-

ciones de materiales, etc. El resto de la variación se debe al sistema de medición en sí mismo y al cronometrador.

La naturaleza aproximada de la distribución de frecuencias de los tiempos del ciclo esperados a partir de la repetición durante muchas veces de una operación por un operario dado es la siguiente:

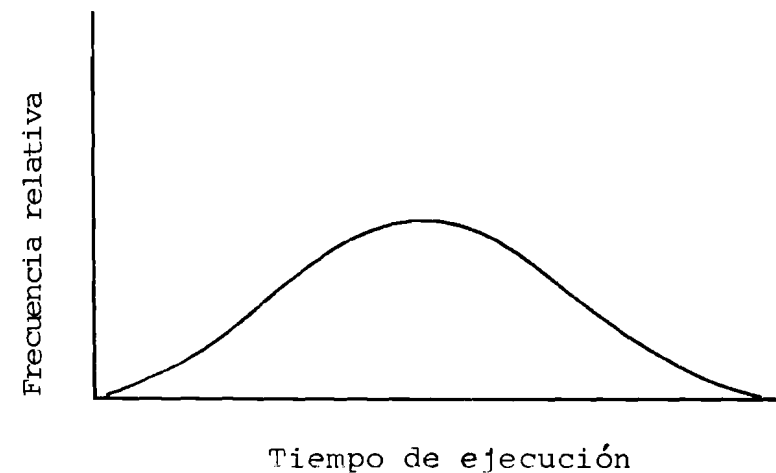


Fig. 59

Dicha distribución de frecuencias toma la forma de la llamada Campana de Gauss o curva de Distribución Normal.

Por teoría elemental de Muestreo (Teorema del Límite Central), sabemos que si se sacan muchas muestras, cada una de tamaño n de una población, las medias de estas muestras seguirán una distribución aproximadamente Normal siempre y cuando se cumpla que $N > 4$, con una Desviación Estándar igual a $\sigma/\sqrt{N}$, siendo la σ Desviación Estándar de la población de la cual se extraen las muestras. Si la Desviación Estándar de la Población no se conoce y debe estimarse a partir la Muestra, como sucede normalmente en la práctica, utilizamos la distribución "t" Student en lugar de la distribución Normal para caracterizar el comportamiento de las medias muestrales.

El error tolerable de muestreo se establece en función del llamado Intervalo de Confianza (I), que en la curva de Gauss viene representado así:

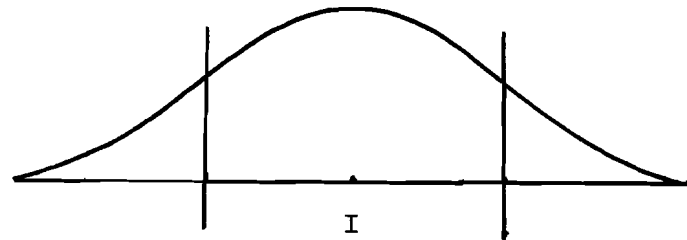


Fig. 60

Como la curva es simétrica con respecto a la Media (o valor Central $\bar{X}$), a cada lado de dicha Media podemos considerar una mitad del intervalo.

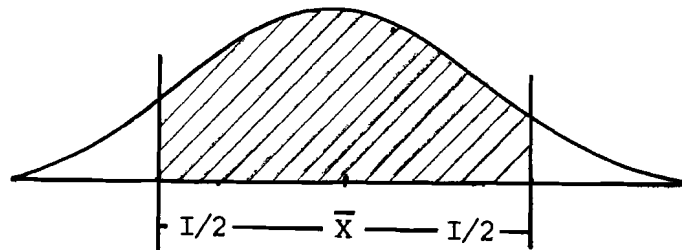


Fig. 61

El área bajo la curva y dentro de los límites del Intervalo de Confianza recibe el nombre de Nivel de Confianza ($1 - \alpha$) y representa la probabilidad, o confianza, que tenemos de que los valores que obtengamos mediante el muestreo no se desvien más allá de los límites establecidos por el Intervalo. (Representada por el área rayada).

$$(1 - \alpha) = p [G_1 \leq \bar{X} \leq G_2]$$

Con probabilidad $1 - \alpha$ el intervalo aleatorio de G_1 a G_2 contendrá el valor verdadero de la Media. Para un valor fijo de α , mientras menor sea el Intervalo más preciso será el estimado.

$$I = G_2 - G_1$$

El Nivel de Confianza lo denotaremos mediante el coeficiente de confianza (C) = $1 - \alpha$

Procedimiento para la estimación estadística del número de Ciclos.

Si consideramos la distribución "t" como modelo de comportamiento de las medias muestrales, podemos utilizar el siguiente procedimiento para estimar el número de ciclos a registrar:

1. Con base en los requerimientos de la situación particular, especificar un Intervalo (I) y un Nivel de Confianza (C). Es importante recalcar que mientras menor sea el valor absoluto de I y mayor el valor absoluto de C , estamos exigiendo un Estudio en el cual la Media de la Muestra deberá ser lo suficientemente próxima a la verdadera media de la Población. Por lo tanto el número de observaciones también deberá ser lo suficientemente grande. Por ello, dependiendo de la importancia que tenga la actividad que vamos a medir y de las consecuencias que pueda tener el hecho de no obtener un tiempo lo suficientemente próximo al tiempo verdadero, somos nosotros, como verdaderos diseñadores del plan, quienes especificaremos los valores de C e I que nos conviene (Por ejemplo podremos tolerar un mayor porcentaje de error cuando debemos estimar el número de granos de maíz sin reventar en una bolsa de cotufas, que el tolerable cuando se calcula la dosis letal promedio de estricnina).
2. Registrar M ciclos de la operación (por ejemplo, cronometrar inicialmente 10 ciclos).
3. Calcular la desviación Estándar de la Muestra (SD)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / M}{M - 1}}$$

4. Calcular el Intervalo de Confianza (I_m) provisto por esta muestra de M observaciones:

$$\frac{Im}{2} = t_c \cdot \frac{SD}{\sqrt{M}}$$

tc se obtiene de las Tablas de Probabilidades para la distribución "t" con C y M-1 grados de libertad.

Por ejemplo, si M es 10 y C = 90% entonces vamos a la tabla y encontramos que $t_c = 1,83$

5. Comparamos Im con I. Si Im es igual o menor que I, la muestra de M observaciones satisface los requerimientos de error de muestreo, y por lo tanto la Media muestral $\bar{X}$ puede basarse en dichas observaciones.
6. Si Im es mayor que I, entonces se necesitan observaciones adicionales. El número total de observaciones necesarias (N) se calcula de la manera siguiente:

$$I/2 = t_c \cdot \frac{SD}{\sqrt{N}}$$

$$\text{luego, } N = \frac{4 t_c^2 (SD)^2}{I^2}$$

Las observaciones adicionales que tendremos que hacer serán: N - M.

El Intervalo de Confianza, además de expresarse en forma absoluta puede también expresarse en términos de desviación con respecto a la Media:

$$I/2 = K \bar{X}$$

Siendo K un porcentaje aceptable de desviación con relación a la Media, llamado también Precisión. La expresión para el tamaño de la muestra en este caso sería:

$$N = \frac{(SD t_c)^2}{(K \bar{X})^2}$$

La Desviación Estándar de la muestra también puede estimarse rápidamente mediante la expresión:

$$SD = \frac{R}{d_2}$$

siendo R el rango de las observaciones y d_2 un factor que depende de M.

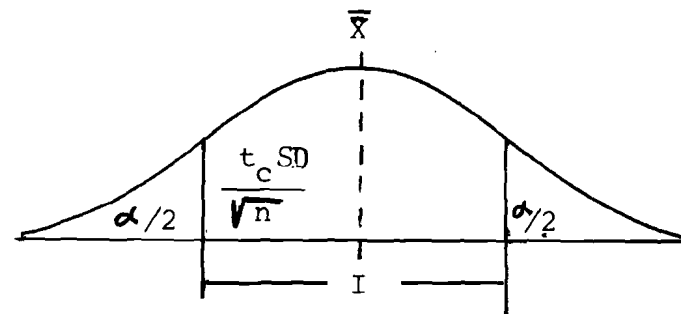


Fig. 62

D. MUESTREO DE TRABAJO

El Muestreo de Trabajo tiene por objetivo establecer el porcentaje que con respecto al período total de tiempo se dedica a ciertas actividades, por ejemplo, que el operario esté ocupado o en ocio; que las máquinas estén trabajando o no, que el operario esté recibiendo instrucciones o sirviendo máquinas etc.

Una definición aceptada es la siguiente:

Es una técnica en la cual se realiza un gran número de observaciones a un grupo de máquinas, procesos u operarios durante un período de tiempo. Cada observación registra lo que está ocurriendo en ese instante, y el porcentaje de observaciones registradas para una actividad particular o demora es una medida del porcentaje de tiempo durante el cual esa actividad o demora ocurren. El porcentaje de tiempo dedicado a una actividad particular se establece a partir de un número de observaciones realizadas al azar.

El desarrollo del Muestreo de Trabajo como técnica de medición del trabajo se remonta al año 1935, cuando Tippet sugirió la aplicación de las observaciones instantáneas para hacer Estudios de Tiempo de hombres y de máquinas. Luego, en 1946, Morrow le dio un uso más general con el propósito fundamental de identificar las demoras que

afectaban a los trabajos. Desde entonces la técnica ha sido más desarrollada y refinada. Actualmente se le conoce mundialmente con diferentes nombres.

a. Fundamentación Estadística

De acuerdo con las leyes de probabilidad sabemos que una muestra extraída aleatoriamente de una población tiende a poseer las mismas características de dicha población, siempre y cuando esa muestra sea lo suficientemente grande. El proceso de muestreo implica un cierto grado de error; pero mientras mayor sea el número de observaciones, o tamaño de la muestra, mayor será la precisión de los resultados obtenidos.

Si en un instante dado un evento puede estar presente o ausente, ocurrir o no, por estadísticas se sabe que la probabilidad de X ocurrencias del evento en "n" observaciones viene dada por:

$$(p + q)^n = 1$$

donde: p = probabilidad de ocurrencia del evento.

q = probabilidad de ausencia del evento.

n = número de observaciones

Si $(p + q)^n = 1$ se expande de acuerdo al Teorema Binomial, el primer término de la expresión nos dará la probabilidad de que $X = 0$; el segundo término la probabilidad de que $X = 1$ y así sucesivamente. La distribución de estas probabilidades es la Distribución Binomial, cuya Media en "n.p" y su Varianza "n.p.q"

Por la teoría elemental de estadísticas se sabe que a medida que el tamaño de la muestra (n) crece, la distribución Binomial se aproxima a la Normal. Dado que los estudios de Muestreo de Trabajo comprenden muestras bastante grandes, la Distribución Normal constituye una aproximación satisfactoria de la Distribución Binomial.

En lugar de utilizar la Distribución Binomial, con una Media igual a np y Varianza npq, podemos considerar la distribución de una proporción cuya Media sea "p" (o sea, np/n) y su Desviación estándar $\sqrt{pq/n}$ (o sea $1/n \sqrt{npq}$).

b. Conceptos relacionados.

Intervalo de Confianza (I). Es el intervalo de la variable en el cual está comprendido, en términos de probabilidad, un determinado porcentaje de los valores observados. Por lo general se expresa en términos de la Desviación Estándar (σ); $I/2 = K\sigma$

Nivel de Confianza (C). Representa la probabilidad de que los valores obtenidos en el muestreo no se desvíen más allá del Intervalo de Confianza. Un valor muy aplicado del Nivel de Confianza es 95%, lo cual significa que podemos esperar que en el 95% de los casos el valor verdadero del tiempo estará dentro del grado de precisión requerido.

Precisión (e). Representa el grado de desviación o tolerancia permitida con respecto al valor verdadero de la Media ($I/2 = e \bar{p}$). Luego:

$$I/2 = e \bar{p} = K\sigma = K \sqrt{p(1-p)/n}$$

Siendo: I = Intervalo de Confianza

e = Precisión

p = Porcentaje de ocurrencia del evento que se mide.

K = Coeficiente cuyo valor depende del Nivel de Confianza elegido y que se obtiene en la Tabla de la Distribución Normal). (Ver apéndices)

σ = Desviación Estándar de la muestra

En la Curva de Distribución Normal podemos identificar los conceptos enunciados:

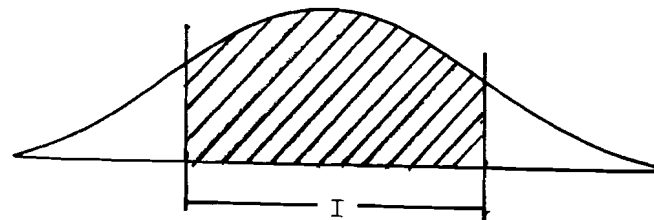


Fig. 63

El punto central corresponde a la Media $\bar{p}$. El área rayada bajo la curva es el Nivel de Confianza, el cual está delimitado por el Intervalo de Confianza. En las tablas de la Distribución Normal se encuentran los valores de área o probabilidades asociadas con la desviación con respecto a la Media. Algunos valores notables son:

Una tolerancia de $\pm \sigma$ a ambos lados de la Media $\bar{p}$ representa un área bajo la Curva Normal de 68,27%. (En la práctica por lo general se dice un Nivel de Confianza de 68% y se suprimen los decimales)

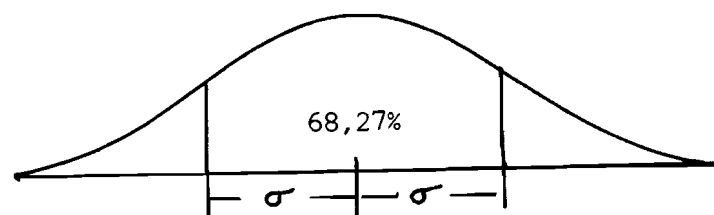


Fig. 64

Esto significa que existe una probabilidad de que en el 68% de los casos el porcentaje de ocurrencia del evento observado se encuentre dentro de los límites de $\pm \sigma$.

Una tolerancia de $\pm 2\sigma$ significa un Nivel de Confianza de 95,45% (que en la práctica se redondea a 95%).

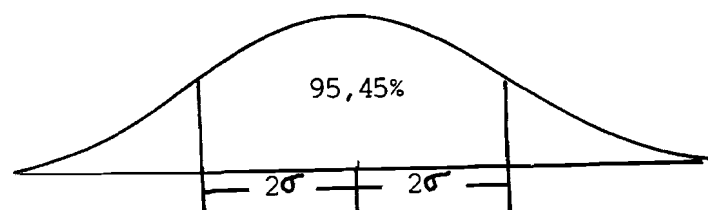


Fig. 65

Una tolerancia de $\pm 3\sigma$ indica un Nivel de Confianza de 99,73%.

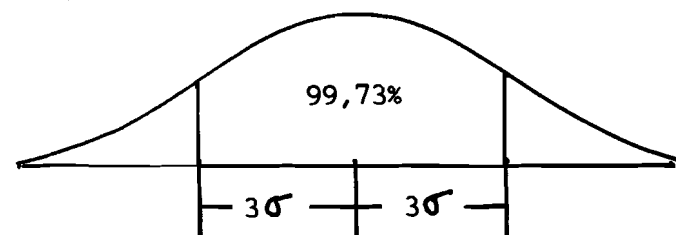


Fig. 66

c. Comparación entre el Muestreo de Trabajo y el Cronometrado

El Muestreo de Trabajo permite medir actividades de ciclo largo, en las cuales resultaría antieconómico usar Cronometrado. Una técnica no reemplaza a la otra; cada una tiene su campo de aplicación. Por ejemplo si la operación a medir es altamente repetitiva, de ciclo corto y realizada por un sólo operario resulta más ventajoso usar Cronometrado.

d. Pasos a seguir para realizar un estudio de Muestreo de Trabajo.

El Muestreo de Trabajo no representa un fin por sí mismo; es sólo una técnica que nos permitirá lograr ciertas conclusiones. Si la misma resulta ser la más adecuada para medir el trabajo propuesto, deberán seguirse los siguientes pasos:

1. **Definir el problema.** Es importante especificar claramente los objetivos del Estudio a realizar. Si por ejemplo el objetivo es determinar la cantidad de tiempo en que un grupo de operarios o de máquinas permanece en ocio o trabajando, surgirán las preguntas: ¿Qué significa estar en ocio? ¿Qué significa estar trabajando? Hay que ser por lo tanto más específicos ya que eventualmente será necesario decidir cuáles actividades potenciales caen dentro de estas denominaciones generales y qué porcentaje del tiempo total se dedica a ellas. Para satisfacer estas preguntas puede hacerse una división de las áreas generales tal como se muestra en la figura 67.

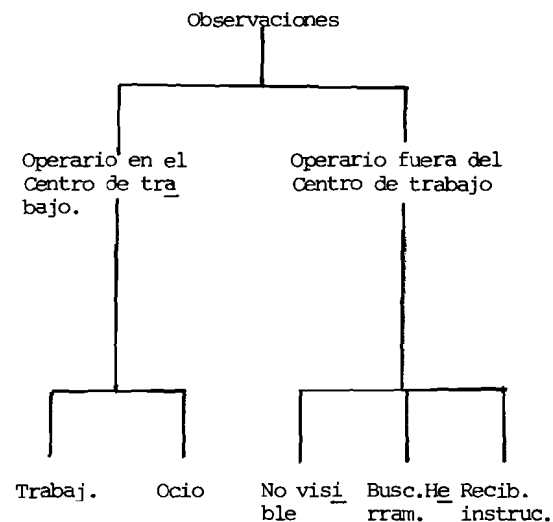


Fig. 67

Dependiendo de la profundidad o grado de detalle necesario, podrá continuarse dividiendo aún más. En términos generales es preferible tener varias divisiones, dado que las mismas pueden combinarse posteriormente, pero hacer lo contrario no es posible. Cada uno de los elementos que van a ser medidos deben ser descritos en forma detallada.

2. Obtener la aprobación del Supervisor del departamento en donde se va a realizar el Estudio.

Tanto los operarios a ser observados como el resto del personal del departamento deben comprender el fin seguido por el Estudio para que se sientan involucrados en todo el proceso (y además evitar posibles conflictos laborales). Los Estudios en los cuales el observador se esconde para hacer las observaciones, muy probablemente fracasan. Si los operarios tienen conocimiento sobre lo que se está haciendo, al cabo de poco tiempo se acostumbrarán a ver al observador ir y venir dentro de la planta y por ello no modificarán su patrón de trabajo en su presencia.

3. Establecer el Nivel de Confianza deseado y la Precisión que deberán tener los resultados finales.

Estos dependerán de la importancia que tenga el Estudio a realizar, sabiendo que mientras mayores sean, más grande será el tamaño de la muestra necesario y por lo tanto más elevado el costo en el cual se incurre.

4. Hacer una estimación preliminar del porcentaje de ocurrencia del evento que se va a medir ($\bar{p}$).

No es posible determinar el número de observaciones necesarias si no se tiene alguna indicación respecto al porcentaje de tiempo que consumen las actividades enumeradas. Este dato se obtendrá mediante un Estudio Piloto, a partir del cual se decidirá respecto a sobre cual actividad, para la precisión deseada, se basará el número total de observaciones. Las observaciones hechas en este Estudio Piloto no se pierden, sino que se considerarán como parte del total a realizar. Por ejemplo si para el Estudio Piloto se hicieron 100 observaciones, de las cuales 80 correspondieron al evento que se mide, el estimado inicial del porcentaje de ocurrencia será $80/100 = 0,88$. Si el total de observaciones necesarias de acuerdo con este $\bar{p}$, el Nivel de Confianza y la precisión establecidas es de 650, quedarán por realizar: $(650-100) = 550$ observaciones.

5. Diseñar el Estudio.

Los pasos necesarios para el diseño del Estudio son:

- Determinar el número total de observaciones a realizar. Dicho número se calcula tomando en cuenta el porcentaje inicialmente estimado de ocurrencia de la actividad medida (p); el Nivel, de Confianza (C) y la Precisión (e) requeridos. La expresión a partir de la cual se obtiene dicho número de observaciones es:

$$l/2 = e.p = K \sqrt{p(1-p)/n}$$

Siendo: l = Intervalo de Confianza.

e = Precisión deseada.

p = Porcentaje de ocurrencia del evento que se mide.

k = Factor que depende del Nivel de Confianza deseado.

n = Número de observaciones totales a realizar.

Por ejemplo supongamos que nuestro Estudio está centrado en una actividad número 1, la cual de acuerdo con el Estudio Piloto, se estima que consume un 40% del tiempo total. Deseamos saber cuántas observaciones realizar para un Nivel de Confianza de 95% y una Precisión de $\pm 5\%$.

$$p = 0,40$$

$$c = 95\%$$

$$e = \pm 5\% \quad l/2 = e.p = K \sqrt{p(1-p)/n}$$

En la tabla de la Distribución Normal encontramos que $K = 1,96$ (como ya se dijo, en la práctica para cálculos rápidos este valor se aproxima a 2).

$$n = K^2 (1 - p) / e^2 p$$

$$n = (1,96)^2 (1 - 0,40) / (0,05)^2 \cdot 0,40$$

$$\text{—————} = 2305 \text{ Observaciones.}$$

Suponiendo que se van a observar diez operarios, en cada ronda de visitas (o "viaje") se obtendrán diez observaciones simultáneamente, lo cual quiere decir que se necesitarán 231 viajes para obtener el total requerido (2305/10). Después de iniciar el Estudio conviene recalcular "n" a intervalos regulares. Debido a que el primer estimado de "p" se obtuvo con un número relativamente reducido de observaciones, a medida que progrese el Estudio podrá obtenerse un estimado basado en un mayor número de observaciones y por lo tanto más próximo al valor verdadero. Si en el ejemplo anterior se han realizado para este momento 1000 observaciones obteniéndose los siguientes resultados:

Observaciones en actividad 1 = 550

$$\text{Luego: } p = 550/1000 = 55\%$$

Recalculando el número de observaciones se tendrá: $n = 1258$; por lo cual restaría hacer solamente 258 observaciones (de no haber hecho este cálculo estaríamos realizando 2305-1258 observaciones de más; y por lo tanto incrementando los costos del Estudio).

- b. Fijar en número de días disponibles para completar la fase de recolección de datos del Estudio.
- c. Determinar la frecuencia de realización de las observaciones. En el ejemplo dado, si suponemos que disponemos de 11 días para realizar las observaciones tendremos:

$$231 \text{ Viajes} / 11 \text{ días} = 21 \text{ Viajes/día}$$

- d. Determinar el número de observadores requeridos. Si en cada viaje un observador puede abarcar un número limitado de componentes, o las distancias entre las diferentes áreas en donde están concentrados los componentes son largas, entonces tal vez haga falta más de un observador.
- e. Fijar la ruta a seguir por el observador. Este camino a seguir debe ser fijado de antemano.
- f. Hacer el programa de observaciones para cada día. Para ser estadísticamente aceptable, el Muestreo de Trabajo requiere que todos los momentos de observación tengan la misma probabilidad de ser elegidos; es decir, las observaciones se deben distribuir en forma aleatoria para que sean representativas. Si las observaciones se hacen a intervalos regulares, los resultados pueden conllevar dos tipos de error: en primer lugar las actividades a medir de naturaleza cíclica pueden estar sobre o subestimadas en el resultado final. En segundo lugar, si el observador sigue un programa predecible, los operarios pueden distorsionar los resultados al no seguir un patrón normal de actividad. Entre los métodos utilizados para distribuir las observaciones en forma aleatoria, está el de utilizar Tablas de Números Aleatorios, las cuales pueden obtenerse comúnmente en manuales y libros de texto. La Tabla de Números Aleatorios se utiliza principalmente para determinar el momento en que debe hacerse la observación. También se puede emplear para indicar el orden en que se deben observar los operarios o el lugar específico del departamento donde deben hacerse las observaciones. El diseñador del Estudio debe seleccionar una serie de números aleatorios convirtiéndolos seguidamente en un programa de observaciones aleatorias. Esto puede realizarse permitiendo que el primer dígito seleccionado represente la hora del día. Los dos siguientes los minutos y si es deseable, los 2 últimos representen los segundos.

Ejemplo

PRIMERA OBSERVACION

3	12	58	Observar tercera Hora
2	95	41	minuto doce
0	13	58	segundo cincuenta y ocho
6	14	40	

Los tiempos que caen fuera del horario de trabajo se descartan. Otra forma de utilizar las Tablas de Números Aleatorios consiste en lo siguiente: Si se considera que el período en que se realiza el Estudio es de 8 horas de trabajo (480 minutos) descontando el tiempo de la comida, se debe seleccionar un número de tres dígitos comprendidos entre cero y 480. Por ejemplo:

03 47 43 73 86

97 74 24 67 62

16 76 62 27 66

El primer número de 3 dígitos es 034, lo cual se interpreta como 34 minutos a partir del momento inicial. Así, si la jornada de trabajo comienza a las 8:00 am., la observación deberá hacerse a las 8:34 am. Los tiempos obtenidos se ordenan cronológicamente para completar el programa de observación.

g. Diseñar la Hoja de Observaciones

Esta Hoja debe ser fácil de llenar por el observador y de fácil interpretación posterior. Su diseño deberá estar adaptado al objetivo que se persiga. En la figura 68 se presenta un ejemplo de una Hoja de Observaciones.

Observador:	Fecha:									
José Perez Hora de Observación.	Actividad Obs.					Tipo de Ocio				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8:02	✓✓✓✓		✓	✓	✓		✓✓✓			✓
8:08	✓✓	✓✓		✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	
9:03	✓✓	✓✓	✓	✓✓	✓		✓		✓	✓
10	✓	✓	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓		✓		
11:15	✓	✓✓✓	✓	✓✓	✓✓	✓			✓	
11:25	✓	✓	✓	✓	✓	✓✓✓	✓	✓	✓	
2:05	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓		✓	✓			

Figura 68

6. Hacer las observaciones de acuerdo con el plan y el programa y resumir los datos.

Los pasos comprendidos en este punto son:

- Hacer las observaciones y anotar lo observado. Para ello se utiliza la Hoja de Observaciones previamente diseñada, El registro de las observaciones no debe anticiparse. Para realizarlas el Analista debe situarse a una distancia conveniente. Si el operario o la máquina que observa está inactivo debe averiguar por qué y confirmarlo con el Supervisor. Es conveniente hacer las anotaciones después de abandonar el área de trabajo,
- Resumir los datos al final de cada día.
- Construir el Gráfico de Control diario,

Los Gráficos de Control en el Muestreo de Trabajo permiten graficar los resultados diarios y acumulados del Estudio. Si uno de los puntos graficados cae fuera de los Límites de Control, indica la presencia de alguna condición extraña o anormal durante esa porción del Estudio. El tipo de Gráfico de Control que se utiliza para Muestreo de Trabajo es el de Fracción Defectiva (p). Ordinariamente,

tal como lo estableciera Shewhart alrededor de 1925 se usa 3σ para establecer los Límites Superior e Inferior de Control, los cuales vendrán dados entonces por:

Límite Superior de Control: (L.S.C.) = $\bar{p} + 3\sigma$

Límite Inferior de Control: (L.I.C.) = $\bar{p} - 3\sigma$

$\bar{p}$ = Porcentaje real de ocurrencia de la actividad a medir.

σ = Desviación Estándar.

Pasos para construir el Gráfico de Control.

1. Registrar diariamente los datos obtenidos del Muestreo de Trabajo.
2. Computar $\bar{p}$ para cada día.
$$\bar{p} = \frac{\text{Número de veces que se observó la actividad}}{\text{Nº de observaciones diarias}}$$
3. Calcular diariamente los Límites de Control de acuerdo al Nivel de Confianza empleado.
4. Graficar diariamente cada punto obtenido con sus respectivos Límites de Control.
5. Calcular los Límites de Control para el total del Estudio.

Ejemplo de Uso de los Gráficos de Control.

Fecha	Nº de Observaciones	Nº de Observaciones "Operario parado"	Porcentaje del día "Operario parado"
5-12	100	9	9
6-12	100	10	10
7-12	100	12	12
8-12	100	8	8
9-12	100	6	6
12-12	100	9	9
13-12	100	23	23
14-12	100	9	9
15-12	100	8	8
16-12	100	9	9
19-12	100	9	9
20-12	100	8	8
	1.200	120	

$$n = \text{Nº de observaciones diarias} = \frac{\text{Nº total de observaciones}}{\text{Nº de días de estudio}} = \frac{1.200}{12}$$

$$n = 100$$

$$\bar{p} = \frac{\text{Nº de observaciones "operario parado"}}{\text{Nº total de observaciones}} = \frac{120}{1.200} = 0,10$$

$$LC = 0,10 \pm 3 \sqrt{\frac{0,10 \times 0,90}{100}} = 0,10 \pm 0,09$$

$$LSC = + 0,19$$

$$LIC = + 0,01$$

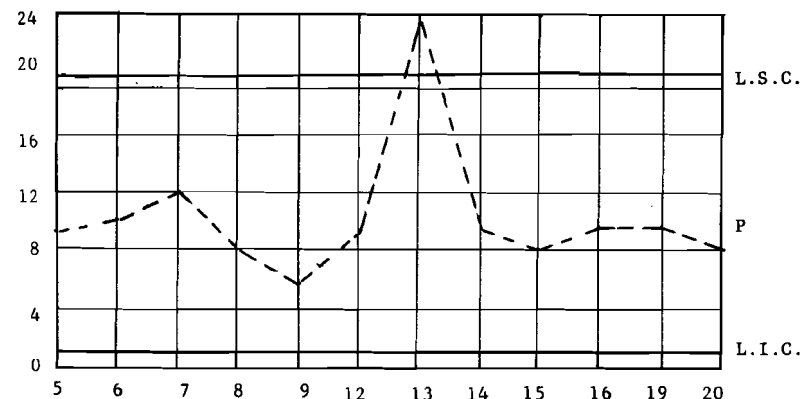


Fig. 69

Los resultados del día 13 se hallaban fuera de control debido a una causa específica. En tal día hubo un pequeño incendio en un departamento vecino. Debido a ésto, los datos del día 13 pueden omitirse y calcular nuevamente los Límites de Control.

Nº total de observaciones = 1.200 - 100 = 1.100

$$n = \frac{1.100}{11} = 100$$

$$\bar{p} = \frac{97}{1.100} = 0,088$$

$$LC = 0,088 \pm 3 \sqrt{\frac{0,088 \times 0,912}{100}}$$

$$LSC = 0,088 + 0,085 = 0,173$$

$$LIC = 0,088 - 0,085 = 0,003$$

Con estos datos se puede construir un nuevo Gráfico de Control.

Gráfico de Control con límites Variables.

Si el número de observaciones varía considerablemente de un día a otro, los Límites de Control deberán calcularse cada día.

Ejemplo:

Fecha	Nº Observaciones Diarias	Nº Observaciones "operador parado"	Porcentaje del día "operador parado"
10-9	522	54	10,3
11-9	150	16	10,7
12-9	87	7	8,0
13-9	472	51	10,8
14-9	58	5	8,6
17-9	318	31	9,8
18-9	170	16	9,4
19-9	58	5	8,6
20-9	100	9	9,0
21-9	65	6	9,3
	2.000	200	

n = 2.000

$$\bar{p} = \frac{200}{2.000} = 0,10$$

$$LC = 0,10 \pm 3 \sqrt{\frac{0,09}{n}} = 0,10 \pm \frac{0,9}{\sqrt{n}}$$

Fecha	Nº Observaciones diarias	$0,9\sqrt{n}$	LSC(%)	LIC(%)
10	522	0,039	13,9	6,1
11	150	0,074	17,4	2,6
12	87	0,097	19,7	0,3
13	472	0,041	14,1	5,9
14	50	0,118	21,8	0
17	318	0,051	15,1	4,9
18	170	0,069	16,9	3,1
19	58	0,118	21,8	0
20	100	0,090	19,0	1,0
21	65	0,113	21,3	0

El Gráfico de Control será entonces:

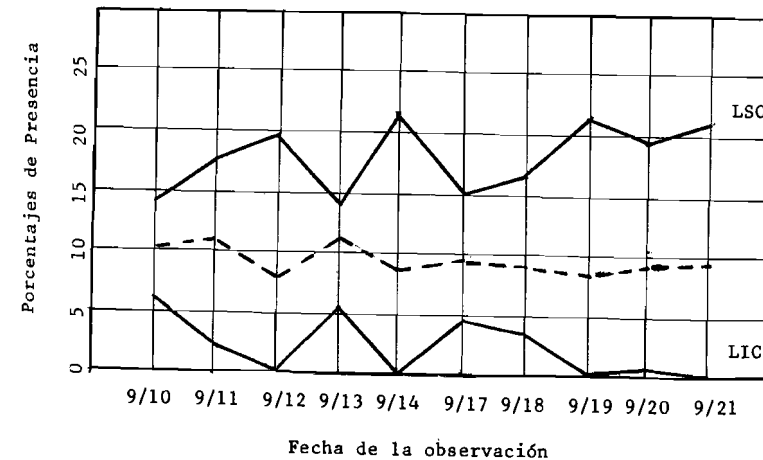


Fig. 70

7. Comprobar la Precisión de los resultados finales del Estudio.

La verificación de la Precisión a medida que avanza el Estudio, permite tener un control sobre el número total de observaciones, procediendo a aumentarlas o disminuirlas según que la Precisión para ese momento esté por encima o por debajo de la preestablecida. La Precisión se comprueba mediante la fórmula:

$$e.\bar{p} = K \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad e = \frac{K}{\bar{p}} \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$\bar{e}$ = Precisión

p = porcentaje promedio real de ocurrencia

n = Número de observaciones realizadas

Si se obtiene un valor de e menor o igual que el fijado para el Estudio, esto indica que el número de observaciones realizadas es suficiente para las condiciones establecidas.

Si por el contrario se obtiene un valor de e mayor que el fijado, debe calcularse nuevamente el tamaño de la muestra ya que las condiciones del Estudio no se están cumpliendo.

EJEMPLO: Se hizo un Muestreo de Trabajo para determinar el porcentaje de tiempo que permanecen paradas un grupo de máquinas atornilladoras automáticas.

Las condiciones del Estudio son las siguientes:

Precisión: 5%

Nivel de Confianza: 95%

Observaciones totales calculadas: 4.000

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Observaciones de las máquinas trabajando: 2.600

Observaciones de las máquinas paradas: 1.400

$$\bar{p} = \frac{1.400}{4.000} \times 100 = 0,35$$

comprobación de la precisión.

$$e.p = \pm 2\sigma$$

$$e \times 0,35 = 2 \times \sqrt{\frac{0,35 \times (0,35)}{4.000}}$$

$$e = \pm \frac{0,01507}{0,35} = \pm 0,043$$

$$e = \pm 4,3\%$$

Puesto que 4,3% es menor que 5%, el número de observaciones es suficiente.

Muestreo Estratificado.

Los pasos que se han descrito para la aplicación del Muestreo, en especial en cuanto a la forma de realizar las observaciones, son válidos si la población de la cual se extrae la muestra se comporta en forma homogénea con respecto a las características que se desea medir; y por lo tanto no importa la composición de la muestra extraída. Pero si la población no es homogénea y se usa exactamente el procedimiento descrito, podrá suceder que dependiendo de la orientación de la muestra algunas características resulten sub o sobre estimadas. Por ejemplo, si deseamos hacer un Estudio para averiguar el kilometraje promedio recorrido por vehículos automotores por cada litro de gasolina, tendremos que tomar en cuenta que existen diferentes tipos de vehículos, tales como automóviles de pasajeros, camiones, autobuses, motocicletas, etc. y presumiblemente el consumo de gasolina es diferente para cada tipo. Entonces, para asegurarnos de que todos los sectores apreciablemente diferentes de la población van a estar representados en la muestra, se procede a "Estratificar el Muestreo".

El Muestreo Estratificado es un caso especial de Muestreo de Trabajo que se aplica generalmente cuando se sospecha que la probabilidad (p_i) de ocurrencia del evento que se va a medir, varía significativamente durante el período estudiado, o que es apreciablemente diferente para distintas porciones de la población bajo estudio.

Cuando se aplica el Muestreo Estratificado, si se considera que:

T = período total de tiempo empleado en el Estudio.

t_j = Tiempo que corresponde al estrato j .

M = Total de hombres o máquinas que se estudian.

M_j = Hombres o máquinas en el estrato j .

N = Total de observaciones a realizar en el período T .

N_j = Número de observaciones a realizar en el estrato j .

P_i = Proporción de tiempo dedicado al evento i en el período T .

N_i = Número de observaciones del evento i en el período T .

$P_i = N_i / N$ = Estimación de P_i

P_{ij} = Proporción de tiempo dedicado a la actividad i en el estrato j .

N_{ij} = Numero de observaciones de la actividad i en el estrato j .

$\bar{P}_{ij} = N_{ij} / N_j$ = Estimación de P_{ij} .

Se puede entonces usar el siguiente procedimiento para la distribución de las observaciones.

1. Seleccionar los estratos de forma tal que P_{ij} pueda ser considerada constante en el intervalo i y uniforme en el subgrupo j .
2. Distribuir proporcionalmente el número de observaciones N entre los subgrupos de la forma siguiente:

$$N_j = N \left(\frac{t_j}{T} \right)$$

ó

$$N_j = N \left(\frac{M_j}{M} \right)$$

3. Distribuir aleatoriamente N_j entre los estratos.
4. Bajo estas circunstancias se pondera $\bar{P}_{ij}$ de acuerdo al tamaño o longitud del estrato para determinar $\bar{P}_i$.

$$\text{Así: } \bar{P}_i = \sum_{j=1}^n \bar{P}_{ij} \left(\frac{t_j}{T} \right)$$

Si N_j es proporcional a t_j (muestreo estratificado proporcional) la expresión anterior se reduce a:

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^n \bar{P}_{ij} (N_j/N) = \sum_{j=1}^n \frac{N_{ij}}{N} \frac{N_j}{N} = \frac{\sum_{j=1}^n N_{ij}}{N}$$

Si la estratificación es por hombres o máquinas:

$$\bar{P}_i = \sum_{j=1}^n \bar{P}_{ij} (M_j/M)$$

lo cual se reduce a:

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{j=1}^n (N_{ij})}{N}$$

si se usa el Muestreo de Trabajo proporcional.

5. La varianza de $\bar{P}_i$ bajo estas circunstancias, si se usa el Muestreo de Trabajo proporcional, será:

$$\frac{S^2}{\bar{P}_i} = \frac{\sum_{j=1}^n (t_j/T)^2}{N_j} \frac{\bar{P}_{ij} (1 - \bar{P}_{ij})}{\bar{P}_i}$$

$$\frac{S^2}{\bar{P}_i} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n (t_j/T)^2 \frac{N_j}{N} \frac{\bar{P}_{ij} (1 - \bar{P}_{ij})}{\bar{P}_i}$$

EJEMPLO. Supongamos que hacemos un estudio de Muestreo de Trabajo para determinar las demoras de las máquinas, en un departamento en el cual se estima que la proporción de demoras durante la primera y última hora del día típico de trabajo es aproximadamente la misma; pero apreciablemente diferente en las seis horas restantes. Se desea un Nivel de Confianza de 90% y una Precisión de $\pm 10\%$. Por un muestreo inicial se obtuvo que el porcentaje de demoras en conjunto es de 20%.

$$\bar{p} = 0,20$$

$$e = 0,10$$

$$K = 1,64 \text{ (Tabla de Dist. Normal)}$$

$$e.\bar{p} = K \sqrt{\bar{p}(1 - \bar{p})/n}$$

$$n = K^2 (1 - \bar{p}) / e^2 \cdot \bar{p}$$

$$n = (1,64)^2 \cdot 0,80 / (0,10)^2 \cdot 0,20 = 1076 \text{ Observaciones.}$$

Las observaciones a realizar en la primera y última horas del día se segregarán en un estrato que denominaremos "A" y las de las seis horas restantes en un estrato "B"

Las observaciones para cada estrato serán:

$$N_A = 2/8 \cdot 1076 = 269$$

$$N_B = 6/8 \cdot 1076 = 807$$

Si se dispone de diez días para hacer las observaciones, al estrato A le corresponderán 27 observaciones por día, y al B 81. En cada estrato las observaciones se harán en forma aleatoria.

Suponiendo que al cabo de los diez días se obtuvieron los siguientes resultados:

ESTRATO A			ESTRATO B	
Día	Obs. hechas	Obs. en demora	Obs. hechas	Obs. en demora
1	27	7	81	20
2	27	8	81	19
3	27	6	81	20
4	27	6	81	18
5	27	7	81	20
6	27	8	81	19
7	27	6	81	19
8	27	8	81	20
9	27	7	81	21
10	27	7	81	21
270		70	810	197

El porcentaje total de demoras será:

$$\bar{p} = (70 + 197) / (270 + 810) = 267 / 1080$$

$$\bar{p} = 26\%$$

Aplicaciones del Muestreo de Trabajo

Ya se ha dicho que el Muestreo de Trabajo constituye una herramienta de medición del trabajo, la cual no substituye al Cronometrado sino que se aplica en los casos en que esta técnica no resulta eficiente. Entre las aplicaciones del Muestreo de Trabajo tenemos:

1. En el establecimiento de Tiempos Estándar para trabajos de tipo indirecto; la expresión a utilizar será:

$$TE = (n.T.\bar{C}_y) / (N.y) + \text{Tolerancias}$$

Siendo: TE = Tiempo Estándar

n = Observaciones en las cuales se realiza la tarea que se mide.

N = Total de observaciones realizadas.

T = Tiempo total del Estudio.

$\bar{C}_v$ = Factor de Calificación de Velocidad promedio

y = Producción total durante el período T.

EJEMPLO. Se desea establecer un Tiempo Estándar para la operación de lubricación de motores. Un estudio de Muestreo de Trabajo de 120 horas reveló que después de 3600 observaciones, en 392 casos ocurría dicha lubricación. El número de facilidades observadas fue de 180 y la calificación de Velocidad promedio obtenida fue de 90%. La empresa tiene como política conceder un 15% de tolerancias.

$(392 \times 120 \times 60 \times 0,90) / (3.600 \times 180) = \text{Tiempo Normal} = 3,92 \text{ minutos/motor}$

TE = $3,92 \times (1,15) = 4,51 \text{ minutos/motor.}$

2. En el establecimiento de Tolerancias,

Realizando un gran número de observaciones a diferentes operarios en diferentes momentos del día, y dividiendo el número de actividades diferentes al trabajo que realizan los operarios (no considerando las demoras evitables), por el número total de observaciones, se obtiene un estimado del porcentaje de tolerancias aplicable para el trabajo en cuestión.

EJEMPLO:

En un Muestreo de Trabajo se realizaron 2000 observaciones, de las cuales 250 corresponden a la ejecución de actividades tales como atención de necesidades personales (ir al baño, tomar agua), esperar por material, falta de energía eléctrica, etc. El porcentaje de tolerancias a asignar al trabajo será entonces:

$$250 / 2000 = 12,50 \%$$

3. Para la determinación de la utilización de máquinas.

EJEMPLO:

Se hizo un Estudio de Muestreo de Trabajo para determinar el tiempo que permanecen en ocio un grupo de máquinas Taladradoras. Se efectuaron 4000 observaciones, para obtener un Nivel de Confianza de 95% y una precisión de 5%. Del total de esas observaciones, 1400 corresponden a "máquinas en ocio". El porcentaje de ocio de las máquinas será:

$$1400/4000 = 35\%$$

4. Para determinar la eficiencia de los trabajadores.
5. Para medir la eficiencia de los departamentos.
6. Para el establecimiento de incentivos.

Ventajas de la aplicación de la técnica de Muestreo de Trabajo con respecto a los métodos ordinarios de Estudio de Tiempos.

1. Muchas actividades, cuya medición por medio de los métodos ordinarios de Estudio de Tiempos resulta impráctica o costosa, se pueden medir fácilmente por medio del Muestreo de Trabajo.
2. Un sólo observador puede estudiar varios operarios o máquinas simultáneamente.
3. Como las observaciones se distribuyen a lo largo de un período apreciable de tiempo, es menos probable que los resultados se vean afectados por las variaciones de tipo contingencial.
4. El Estudio puede interrumpirse en cualquier momento sin que ello afecte los resultados.
5. Como la observación es instantánea, es poco probable que el operario modifique su patrón de trabajo cuando sabe que está siendo observado.
6. No se requieren observadores con adiestramiento o formación especiales.
7. No se necesita ningún equipo para medir tiempos.
8. Los resultados se obtienen con un grado de confiabilidad prefijado.

Desventajas de la aplicación de la técnica de Muestreo de Trabajo con respecto a los métodos ordinarios de Estudio de Tiempos

1. Si al operario no se le ha explicado el objetivo del Estudio, puede modificar su rutina de trabajo a la vista del observador. Cuando ésto sucede, los resultados del Muestreo de Trabajo son de escaso valor.
2. En general el Muestreo de Trabajo no resulta económico cuando se va a estudiar un sólo trabajador o una sólo máquina, ni tampoco para estudiar operarios o máquinas esparcidos en grandes zonas.

E. CALIFICACION DE VELOCIDAD

Si seleccionamos al azar un grupo de muchos operarios y medimos la rata de ejecución de una misma tarea realizada por todos ellos, encontraremos que algunos operarios trabajan en forma muy lenta y otros lo hacen en forma muy rápida. Sin embargo la mayoría de los operarios trabaja a un ritmo que está comprendido entre esos dos extremos. Esta situación la podemos representar mediante una curva de Distribución Normal:

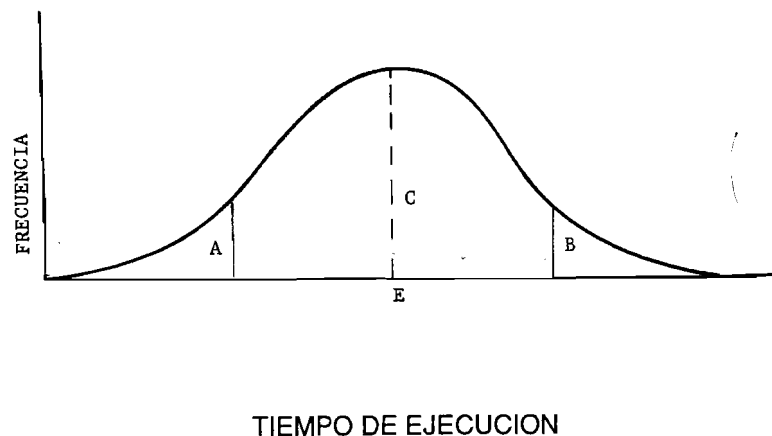


FIGURA N° 71

En el área "A" estarán representados los operarios más rápidos y en el área "B" los más lentos. La mayoría de los operarios están en el área "C" y el tiempo promedio de ejecución será "E". El ritmo con el cual trabajan los operarios que caen en el área "C", no es ni muy rápido ni muy lento, puede ser mantenido un día tras otro sin causar excesiva fatiga física o mental al operario y recibe el nombre de RITMO NORMAL. El Ritmo Normal es la rata efectiva de ejecución de un operario consciente, calificado y bien entrenado, cuando trabaja con un ritmo que no es ni muy rápido ni muy lento, sino representativo del promedio y prestando la consideración adecuada a los requerimientos físicos, mentales o visuales de trabajo. El proceso de calificar la velocidad con la cual trabaja el operario es una parte muy importante del Estudio de Tiempos. Consiste en juzgar cuan rápido trabaja dicho operario tomando como base de referencia lo que signifique el Ritmo Normal de ejecución de la tarea que realiza,

La Calificación de Velocidad debe hacerse conjuntamente con la medición de tiempos. No pueden tratarse como dos actividades separadas, ya que a cada tiempo medido corresponderá una velocidad de ejecución. Al concluir el período de medición el Analista de Tiempos habrá acumulado un cierto número de tiempos reales de ejecución para cada uno de los elementos en los cuales dividió la tarea, pero además deberá disponer de un factor de Calificación de Velocidad asociado a cada uno de los elementos. Esto se explica debido, a que el tiempo medido será alto o bajo dependiendo del ritmo de trabajo del operario observado, pero la Calificación de Velocidad permite transformar ese tiempo en el que tardaría un Operario Normal para ejecutar la misma actividad, lo cual en definitiva es lo que interesa para ser tomado como base o patrón de referencia.

La expresion para el Tiempo Normal será entonces:

$$TN = TPS \cdot C_v$$

Siendo: TN = Tiempo Normal

TPS = Tiempo Promedio Seleccionado, o tiempo medido.

Cv = Calificación de Velocidad.

La Calificación de Velocidad se expresa generalmente en porcentaje. La Calificación de Velocidad para el operario que trabaja a Ritmo Normal es de 100%. Un operario rápido por lo tanto obtendrá una C_v por encima de 100% y uno lento, por debajo de este valor.

Cada empresa o compañía debe establecer lo que se considerará como Ritmo Normal de trabajo para los diferentes trabajos que en ella se realicen. El Ritmo Normal definido constituye a su vez una base, denominador común o patrón para expresar una característica; es decir, un Estándar, y como ya se dijo un Estándar no tiene por qué ser universal. Por lo tanto lo que para una compañía es una ejecución de 100% para otra puede ser inferior o superior al 100%. Lo importante es que dentro de una misma empresa exista uniformidad de criterio, y deben hacerse los mayores esfuerzos para desarrollar dicho criterio en los Analistas de Tiempos. No hay método que se considere satisfactorio para inducir este desarrollo, pero si se da una idea general sobre el nivel deseado, al cabo de poco tiempo se habrá captado el concepto de lo que significa "Normal". Algunos de los métodos utilizados son:

1. Establecer como patrón alguna tarea muy común, como por ejemplo caminar o repartir barajas. Se considera como Normal el caminar sobre una superficie plana, sin carga, a una velocidad de 4,8 Kilómetros por hora.

También es Normal repartir un paquete de 52 barajas entre cuatro puestos en treinta segundos.

La técnica consiste en que el Analista se familiarice con la ejecución Normal de estas actividades para luego hacerlo calificar diferentes velocidades de ejecución de las mismas. El error asociado con este método proviene de extender el concepto a una serie de operaciones las cuales pueden tener poca similitud con las tareas simples escogidas.

2. Utilizar películas en las cuales se califica a una operación o a un grupo de operaciones. En dichas películas se demuestra la ejecución normal de esas operaciones y luego se muestran diferentes velocidades de realización para que el Analista las califique. Estas películas las podemos hacer para nuestra propia empresa; pero también existen en el mercado, provistas por diferentes compañías, grupos de películas que pueden adquirirse y en las cuales se muestran trabajos de diversa índole para ser calificados. La persona que dirige el entrenamiento dispondrá también de los valores de Calificación de Velocidad verdadera correspondientes a cada escena a fin de que el Analista compare sus estimaciones con ellas.

3. Adoptar un sistema tal como el que utiliza los "Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos" (de por sí Tiempos Normales).

MÉTODOS DE CALIFICACION DE VELOCIDAD

Existen varios métodos para calificar la velocidad de actuación de un operario. Los mismos difieren entre sí, ya que un factor considerado como importante por uno de ellos puede ser completamente ignorado por los otros. Entre estos Métodos tenemos:

1. El Método Subjetivo.
2. Los métodos de calificación de ejecución, como el Westinghouse y el Westinghouse modificado.
3. El método de calificación mediante Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos (Calificación Sintética).
4. La calificación objetiva (o de Mündel).

1. **MÉTODO SUBJETIVO.** Este método es bastante sencillo y consiste en que el Analista o calificador juzga la rata de trabajo del operario, su ritmo y velocidad de movimientos, y lo compara con su propio concepto de lo que debería ser Ritmo Normal de ejecución para dicha operación.

En contraste con otros métodos, cuando utiliza el Método Subjetivo el Analista estima "cuán rápido" el operario realiza los movimientos respectivos sin importarle cuáles movimientos utiliza ni la efectividad de los mismos.

2. **CALIFICACIÓN DE EJECUCIÓN.** Con el fin de disminuir la subjetividad, estos métodos permiten que tanto el ritmo como la habilidad desplegados por el operario se juzguen conjuntamente. Entre estos métodos tenemos:

- a. El Método Westinghouse. Es uno de los métodos más usados. Permite evaluar la ejecución del operario en función de cuatro factores que son: Habilidad, Esfuerzo, Condiciones de Trabajo y Consistencia.

La **Habilidad**, se define como la capacidad para seguir un método dado. La habilidad de un operario está determinada por su experiencia y por aptitudes inherentes tales como coordinación y ritmo. La práctica tiende a mejorar la habilidad pero no compensa la deficiencia en las aptitudes naturales. Por ejemplo, está demostrado que las mujeres son más hábiles

que los hombres para realizar trabajos minuciosos con las manos, por ello muchas industrias de ensamble de equipos electrónicos prefieren utilizar obreras para estas labores.

El método Westinghouse considera 6 clases de habilidad: desde la Superior A₁ hasta la Mala F₂.

El **Esfuerzo** según este método, se define como una manifestación del deseo de trabajar efectivamente. Este factor puede ser controlado en alto grado por el operario. El calificador debe tener cuidado en evaluar solamente el esfuerzo efectivamente demostrado. El método considera 6 clases de esfuerzos: desde excesivo A₁ hasta Malo F₂.

Las **Condiciones de Trabajo** a las cuales se refiere este método, son aquellas que afectan al operario y no a la operación.

Los factores que influirán sobre las condiciones de trabajo serán los ambientales, tales como: ventilación, temperatura, iluminación, ruidos. Las condiciones que afectan la operación tales como condiciones inadecuadas de los equipos y de los materiales, o mala distribución del área de trabajo no son tomadas en cuenta.

El método considera 6 clases de condiciones de trabajo: desde Ideal A hasta Malo F.

La **Consistencia** del operario se evalúa al finalizar el Estudio. Si para un elemento dado se repiten constantemente los mismos tiempos, su consistencia será perfecta. Esta situación ocurre muy poco.

Los elementos de maquinado tendrán una consistencia casi perfecta, pero estos elementos no se califican.

El método considera 6 clases de consistencia: desde Perfecta A hasta Mala F.

TABLA PARA CALIFICAR LA VELOCIDAD POR EL METODO WESTINGHOUSE

<u>Habilidad:</u>			<u>Esfuerzo:</u>		
Superior	A ₁	0,15	Excesivo	A ₁	0,13
Superior	A ₂	0,13	Excesivo	A ₂	0,12
Excelente	B ₁	0,11	Excelente	B ₁	0,10
Excelente	B ₂	0,08	Excelente	B ₂	0,08
Bueno	C ₁	0,06	Bueno	C ₁	0,05
Bueno	C ₂	0,03	Bueno	C ₂	0,02
Promedio	D	0,00	Promedio	C	0,00
Regular	E ₁	-0,05	Regular	E ₁	-0,04
Regular	E ₂	-0,10	Regular	E ₂	-0,08
Malo	F ₁	-0,16	Malo	F ₁	-0,12
Malo	F ₂	-0,22	Malo	F ₂	-0,17
<u>Condiciones de trabajo:</u>			<u>Consistencia:</u>		
Ideal	A	0,06	Perfecta	A	0,04
Excelente	B	0,04	Excelente	B	0,03
Bueno	C	0,02	Buena	C	0,01
Promedio	D	0,00	Promedio	D	0,00
Regular	E	-0,03	Regular	E	-0,02
Malo	F	-0,07	Mala	F	-0,04

CALIFICACION DE VELOCIDAD

METODO WESTINGHOUSE

Una vez que se han establecido la habilidad, el esfuerzo, las condiciones de trabajo y la consistencia para una operación y se le han asignado sus valores numéricos equivalentes (obtenidos en la Tabla), el factor de Calificación de Velocidad se determina sumando algebraicamente los cuatro factores y sumándole la unidad al resultado obtenido.

Ejemplo: Si para un cierto trabajo se obtuvo la siguiente evaluación:

Habilidad B2	+0,08
Esfuerzo C2	+0,02
Condiciones E	-0,03
Consistencia E	-0,02
	<u>+0,05</u>

$$\text{Factor de Calificación} = 1 + 0,05 = 1,05$$

Debido a la cantidad de factores que involucra y al tener que disponer de la tabla, el método Westinghouse es adecuado para calificar globalmente a la operación que se estudia en lugar de calificar cada elemento de la misma tal como está previsto en el Formato de Estudio de Tiempos. Por lo tanto al utilizar este método escribiremos en la casilla correspondiente a Cv el mismo valor, para los elementos manuales. Los elementos de maquinado tendrán una calificación de 100%.

- b. Método Westinghouse modificado. Muchas compañías han modificado el método Westinghouse para incluir sólo los factores: Habilidad y Esfuerzo. Esto es debido a que se dice que la Consistencia esta íntimamente ligada con la Habilidad y que usualmente se consideran las Condiciones de Trabajo como promedio. Los proponentes de esta modificación aducen que si las Condiciones de Trabajo se desvían considerablemente de lo normal o promedio puede postponerse el Estudio de Tiempos para hacerlo cuando las condiciones mejoren, o que también el efecto de condiciones no usuales podrá tomarse en consideración para incluirlo dentro de las Tolerancias.

El sistema Westinghouse modificado considera los siguientes factores: Destreza, Efectividad y Aplicación Física. Estos 3 factores en sí mismos no conllevan ningún valor numérico sino que poseen atributos asignados los cuales sí tienen valores numéricos.

A continuación se presenta la Tabla utilizada por este método.

CALIFICACION DE VELOCIDAD
METODO WESTINGHOUSE MODIFICADO

<u>DESTREZA</u>	por encima (+)	esperado (0)	por debajo (-)
1. Habilidad en el uso de equipos y herramientas y en el ensamblaje de partes.	6 3	0	2 4
2. Certeza de movimientos	6 3	0	2 4
3. Coordinación y ritmo	6 2	0	2
<u>EFFECTIVIDAD:</u>			
1. Habilidad para reemplazar herramientas y partes con automaticidad.	6 3	0	2 4
2. Habilidad para facilitar, eliminar, combinar o acortar movimientos.	6 3	0	4 8
3. Habilidad para usar ambas manos.	6 3	0	4 8
4. Habilidad para confinar los esfuerzos al trabajo necesario.		0	4 8
<u>APLICACION FISICA</u>			
1. Velocidad de Trabajo	6 3	0	4 8
2. Atención		0	2 4

La utilización de la tabla es similar a la del caso anterior.

EJEMPLO:

Los valores obtenidos cuando se califica la velocidad de una cierta operación por el método Westinghouse Modificado son los siguientes:

FACTOR	ATRIBUTO	VALOR NUMERICO (%)
Destreza	1	+6
	2	+3
	3	+2
Efectividad	1	0
	2	0
	3	-4
	4	-4
Aplicación Física	1	+3
	2	0

TOTAL		6%

Luego, el factor de calificación será:

$$Cv = 1 + 0.06 = 106\%$$

3. CALIFICACION SINTETICA

En un esfuerzo por lograr un método de calificación que no se base en el criterio del calificador y que proporcione resultados consistentes se desarrolló el método conocido como "Calificación Sintética".

La Calificación de Velocidad obtenida con este método se basa en el hecho de que los tiempos que proporcionan las tablas de "Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos", son Tiempos Normales, por lo tanto si para un elemento de trabajo dado medimos su Tiempo de Ejecución (mediante Cronometrado) y luego buscamos en una de las Tablas de Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos el tiempo que le correspondería, podremos aplicar la relación:

$$TN = TO \times Cv$$

donde: TO = Tiempo Observado, o medido.

TN = Tiempo Normal obtenido de las Tablas de Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos.

Cv = Calificación de Velocidad.

Si llamamos T.M.B.S. al tiempo obtenido de las Tablas, entonces,

$$TN = T.M.B.S$$

por lo tanto,

$$Cv = \frac{T.M.B.S.}{T.O.}$$

La forma como procedemos cuando aplicamos este método es:

1. Medir el tiempo de ejecución de los **elementos** en los cuales se ha dividido la tarea.
2. Determinar por medio de las tablas de Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos un tiempo de ejecución para algunos de los elementos manuales.
3. Aplicar la relación.

$$Cv = \frac{T.M.B.S.}{T.O.}$$

en cada caso.

4. Obtener el valor promedio de las calificaciones:

$$\overline{Cv} = \frac{\sum_{i=1}^n Cv_i}{n}$$

Siendo n el número de elementos manuales escogidos.

5. Asignar este valor promedio a todos los elementos manuales. Los elementos de carácter mecánico o de maquinado mantendrán su calificación de 100%.

EJEMPLO:

Elemento Nº	Tiempo promedio observado (min)	Tipo de Elemento	Tiempo obtenido por Tabla T.M.B.S.	C.V.%
1	.08	manual	.096	123
2	.15	manual		123
3	.05	manual	...	123
4	.22	manual	.278	123
5	1.41	mecánico	...	100
6	.07	manual	...	123

$$\text{Para el elemento 1: } C_v = \frac{.096}{.08} = 120\%$$

$$\text{Para el elemento 4: } C_v = \frac{.278}{.22} = 126\%$$

$$C_v = \frac{120 + 126}{2} = 123\%$$

4. CALIFICACION OBJETIVA

Este método trata de eliminar la dificultad que existe para establecer un criterio sobre lo que **ejecución normal** de una tarea; por ello combina la calificación hecha en forma subjetiva, con una consideración relativa a la dificultad que presente la tarea; tomando en cuenta la parte del cuerpo usada, el uso de pedales, la simultaneidad de los movimientos, la coordinación entre los ojos y los movimientos de las manos, los requerimientos de manejo y el peso manejado. Los pasos que se siguen Son:

1. Calificar el trabajo en forma subjetiva (C_v s)
2. Determinar los factores (categorías) aplicables y el grado de los mismos de acuerdo con la Tabla.
3. Sumar los valores numéricos obtenidos en la tabla para cada uno de los seis factores.

4. Obtener el valor del factor de ajuste por dificultad (F), siendo:

$$F = 1 + \sum \text{de porcentajes de ajuste}$$

5. Determinar la Calificación de Velocidad Objetiva (C_vo):

$$C_vo = C_v \times F$$

EJEMPLO

Se está calificando la velocidad de una tarea utilizando el Método Objetivo. La Calificación Subjetiva hecha inicialmente fue de 110% y la dificultad del trabajo puede expresarse de la manera siguiente:

Se requiere de movimientos del tronco, no se usan pedales y el operario usa las manos simultáneamente. El trabajo exige la utilización de la visión en forma moderada y las partes que se ensamblan requieren de manejo cuidadoso. El peso de las mismas es de 1 libra.

PASO A

$$C_v = 110\%$$

PASO B

CATEGORIA	REFERENCIA	PORCENTAJE DE AJUSTE
1	E	8
2	F	0
3	H ₂	18
4	J	2
5	Q	3
6	W1	2

PASO C

Suma de los porcentaje de ajuste = 33%

PASO D

$$F = 1 + 0,33 = 1,33$$

PASO E

$$C_vo = 1,10 \times 1,33 = 146\%$$

TABLA DE AJUSTES POR DIFICULTAD DEL TRABAJO EN LA CALIFICACION OBJETIVA

<u>Categoría</u>	<u>Descripción</u> (Partes del cuerpo usadas).	<u>Letra en Referencia</u>	<u>Condición</u>	<u>Porcentaje de Ajustes</u>
1		A	Dedos usados libremente	0
		B	Dedos y muñeca	1
		C	Codo muñeca y dedos	2
		D	Brazo, etc..	5
		E	Tronco, etc..	8
		E ₂	Levantarse del piso con las piernas	10
2	Uso de pedales	F	No se usan pedales o un pedal con pivote bajo el pie .	0
		G	Pedal o pedales con pivote fuera del pie.	5
3	Movimientos simultáneos	H	Cada mano ayuda a la otra, o se alternan.	0
		H ₂	Las manos trabajan simultáneamente realizando el mismo trabajo en partes duplicadas	10

TABLA DE AJUSTES POR DIFICULTAD DEL TRABAJO EN LA CALIFICACION OBJETIVA

Coordinación mano- ojos		I	Trabajo rústico principalmente táctil	0
4		J	Visión moderada	2
		K	Constante, pero no muy cerca	4
		L	Cuidadoso, algo cerca	7
		M	Dentro de 1/64"	10
5	Requerimientos de manejo:	N	Puede manejarse rústicamente	0
		O	Sólo moderado control	1
		P	Debe controlarse	2
		Q	Manejo cuidadoso	3
		L	Frágil	5
6	Peso:	Se identifica por la letra W seguida por el peso o resisten- cia real. Usar tabla siguiente.		
Peso (lbs)	% de ajuste levante de brazo	% de ajuste, levante de pierna		
1	2	1		
2	5	1		
3	6	1		
4	10	2		
5	13	3		
6	15	3		
7	17	4		
8	19	5		
9	20	6		
10	22	7		
11	24	8		
12	25	9		
13	27	10		
14	28	10		
etc.	etc.	etc.		

CARACTERISTICAS QUE DEBE REUNIR UN METODO DE CALIFICACION DE VELOCIDAD.

Cualquier método de Calificación de Velocidad debe cumplir con las condiciones de ser:

Preciso
Consistente
Sencillo

Precisión. Como la mayoría de los métodos utilizados para calificar velocidad se basan en el juicio o criterio del calificador, no podemos esperar una consistencia perfecta en la calificación. Se consideran como adecuados aquellos métodos que permiten que diferentes Analistas dentro de una misma empresa que califiquen a diferentes operarios que ejecutan un mismo tipo de operación, obtengan estándares que no se desvien en más del 5% del promedio de los estándares establecidos por el grupo.

Consistencia. Si los otros factores son similares, aquel sistema que proporcione los resultados más consistentes será el mejor. La inconsistencia va a contribuir más que alguna otra cosa a destruir la confianza que tenga el operario en el Estudio de Tiempos

El Analista que califica la velocidad debe procurar hacerlo consistentemente. No se hace difícil corregir los hábitos de un Analista que califica consistentemente alto o consistentemente bajo, pero se hace bastante difícil inducir la habilidad en cuanto a calificar en un Analista que hoy califica muy alto y mañana muy bajo.

De acuerdo a las poblaciones de desviación, podemos encontrar entonces tres tipos de Analistas:

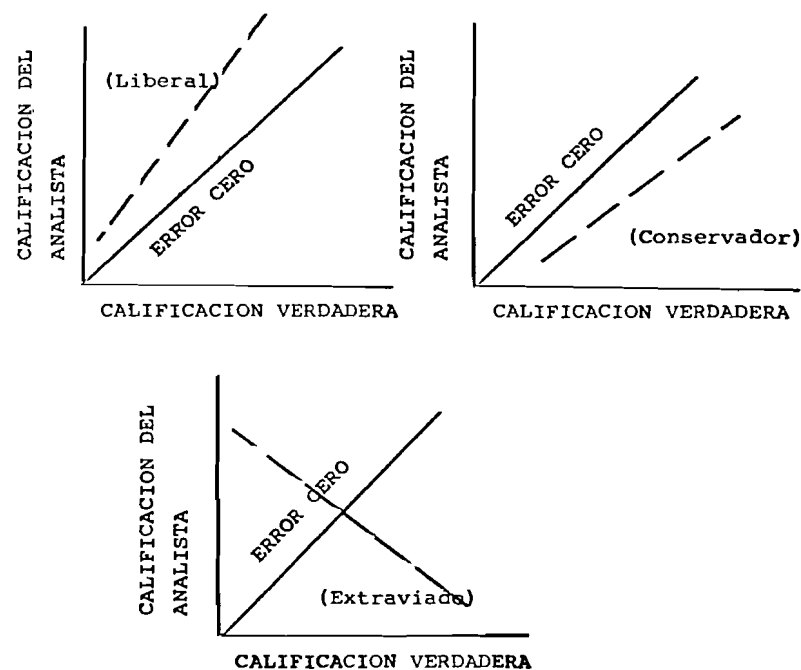


Figura 72

El calificador que consistentemente califica por encima de la calificación que verdaderamente debería tener el operario, recibe el nombre de **Calificador Liberal**.

El que califica consistentemente bajo, recibe el nombre de **Calificador Conservador** y el que califica unas veces por encima de la

verdadera (cuando las velocidades son bajas) y otras por debajo (cuando las velocidades son altas) se llamará **Calificador Extraviado**.

Sencillez. El método de calificación que es simple, conciso y fácil de explicar será mucho mejor que aquellas técnicas complejas que requieren de factores de ajuste y técnicas matemáticas que confunden al Analista promedio.

Hemos dicho que la velocidad del operario debe calificarse en el mismo momento que se toman los tiempos y que no deben tratarse como dos actividades separadas, pero no hay regla establecida respecto a cuan frecuente debe calificarse la velocidad de dicho operario durante el curso de un Estudio de Tiempos. Sin embargo puede decirse que mientras más frecuente se haga, mejor y más precisa será la evaluación de la verdadera ejecución normal del trabajo. En operaciones repetitivas, de ciclo corto, podemos esperar que ocurran muy pequeñas desviaciones en la ejecución del operario durante el transcurso del Estudio (15 a 30 minutos); por lo tanto procedemos a calificar en forma global todo el Estudio y posteriormente asignamos esta calificación a cada elemento en el espacio provisto en el Formato de Estudio de Tiempos.

Es necesario recordar que los elementos de maquinado recibirán una calificación de 100%, dado que su velocidad no depende directamente del operario.

Cuando el Estudio es relativamente largo (por sobre 30 minutos) o consta de varios elementos de larga duración, es de esperarse que la ejecución del operario varíe durante el transcurso del Estudio. En estos casos es necesario realizar periódicamente la calificación.

Sin embargo, si el Estudio comprende una serie de elementos cuya duración es menor de 0,10 minutos, no debe hacerse ningún esfuerzo por evaluar cada elemento de cada ciclo, ya que no podremos obtener calificaciones precisas.

ENTRENAMIENTO PARA CALIFICAR VELOCIDAD

Cualquier Analista bien entrenado para calificar velocidades debe ser capaz de establecer estándares de calificación que estén dentro de $\pm 5\%$ de la calificación verdadera, de tal manera que si varios operarios están realizando el mismo tipo de trabajo y sendos Analistas establecen estándares para dicho trabajo, el resultado de cada Estudio debe estar dentro de $\pm 5\%$ de la media del grupo.

Periódicamente deben realizarse programas organizados de entrenamiento.

Un método muy utilizado para entrenar en Calificación de Velocidad consiste en proyectar películas que ilustran diferentes operaciones realizadas a diferentes velocidades. Cada escena de cada operación tiene una Calificación de Velocidad conocida (y determinada por lo general utilizando Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos). Al Analista se le indica que califique cada escena. Al final se le dictan los valores "verdaderos" correspondientes a dichas escenas, para que haga la comparación y pueda irse corrigiendo. Resulta conveniente hacer un gráfico en el cual se muestre la calificación del Analista contra la calificación verdadera, junto con la Curva de Error Cero y los límites de error permitidos ($\pm 5\%$).

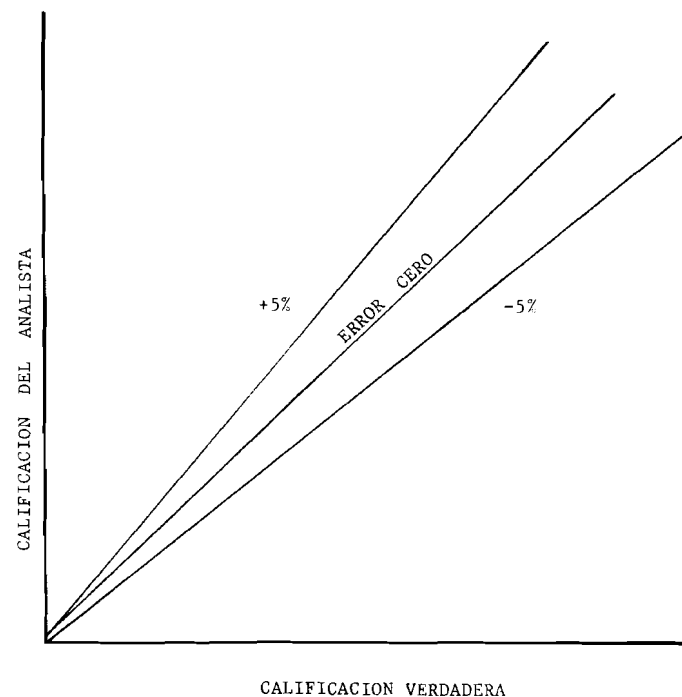
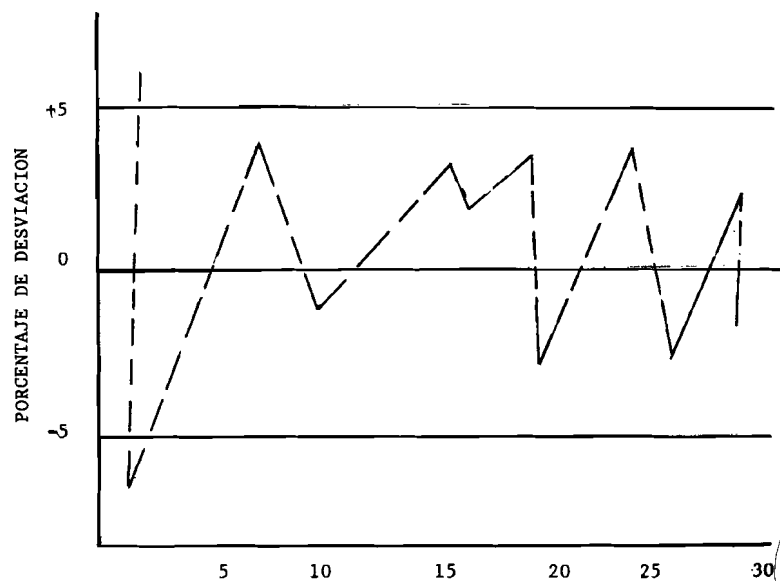


FIGURA 73

Conviene que el Analista muestre consistencia en cuanto a su forma de calificar. Si se producen grandes irregularidades (unas veces califica muy alto y otras muy bajo), esto significará inhabilidad para calificar.

También resulta conveniente trazar un Gráfico de Aprendizaje para todo el período de entrenamiento, graficando sobre el eje de las Abscisas el número de calificaciones realizadas en forma sucesiva y sobre las Ordenadas el error cometido en cada calificación,



CALIFICACION Nº

GRAFICO DE APRENDIZAJE

Figura 74

Para determinar cuantitativamente la habilidad del Analista para calificar, se determina la probabilidad de que sus calificaciones estén contenidas dentro de los límites permitidos. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Computar la media de las diferencias ($\bar{X}_d$) entre la calificación dada por el Analista y la calificación verdadera de los n casos. (n debe ser por lo menos igual a 15).
2. Computar la Desviación Estándar (SD) de dichas diferencias,
3. Calcular Z_1 siendo

$$Z_1 = \frac{5 \text{ (o cualquier otra precisión)} - \bar{X}_d}{SD}$$

4. Calcular Z_2 siendo

$$Z_2 = \frac{5 \text{ (o cualquier otra precisión)} - \bar{X}_d}{SD}$$

5. Determinar el área bajo la curva de la Distribución Normal comprendida entre Z_1 y Z_2 .

EJEMPLO:

En la tabla que se presenta a continuación aparecen los valores de Calificación de Velocidad, dados por el Analista para 15 escenas de operaciones filmadas durante una sesión de entrenamiento. Al lado de cada valor obtenido por el Analista aparece también el valor verdadero de la velocidad correspondiente a la escena. Se quiere saber con qué probabilidad las calificaciones de este Analista no se desviarán más allá de 5 puntos de las calificaciones reales.

Escena N°	Calific. Verd. de Velocidad (%)	Calif. del Analista (%)	Diferencia (d)	Diferencia al cuadrado (d²)
1	115	105	-10	100
2	125	120	-5	25
3	85	95	10	100
4	105	105	0	0
5	100	105	5	25
6	95	110	15	225
7	120	125	5	25
8	140	150	10	100
9	110	105	5	25
10	60	75	15	225
11	100	100	0	0
12	110	105	-5	25
13	90	90	0	0
14	130	125	-5	25
15	80	90	10	100

$$\sum d = 50 \quad \sum d^2 = 1000$$

$$\bar{X}_d = \frac{50}{15} = 3,33$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum d^2 - (\sum d)^2 / n}{n-1}} = \sqrt{\frac{1000 - (50)^2 / 15}{14}}$$

$$SD = 7,71$$

$$Z_1 = \frac{5 - 3,33}{7,71} = 0,217$$

$$Z_2 = \frac{-5 - 3,33}{7,71} = -1,08$$

Vamos a una tabla de la Distribución Normal y encontramos el área comprendida entre Z_1 y Z_2 .

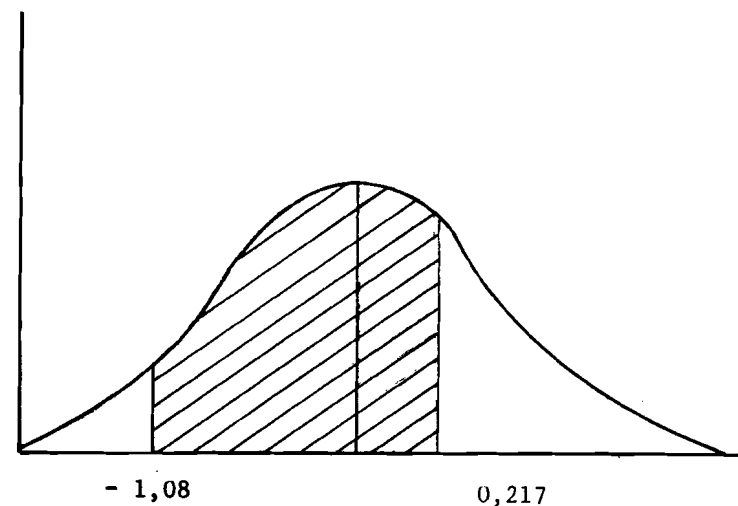


FIGURA 75

Utilizando una tabla que da los valores de área comprendidos entre 0 y el punto Z, tendremos:

$$P(Z_1) = 0,0859$$

$$P(Z_2) = 0,3599$$

$$P(Z_1) + P(Z_2) = 0,4458$$

Es decir, existe una probabilidad de 44,58% de que las calificaciones dadas por el Analista estén dentro de ± 5 puntos de las calificaciones verdaderas.

Si el número de escenas observadas es menor de 15 es recomendable usar la distribución "t" Student en lugar de la distribución Normal:

$$1/2 = X - \mu = t_c \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$t_c = \frac{(X - \mu) \sqrt{n}}{S}$$

DESVIACIONES EN METODO (20)

Si el método observado por el Analista es aquél en el cual se basará el Estándar, no hay problemas respecto a calificar la velocidad. Pero muchas veces sucede que se observa a un operario ejecutando la tarea siguiendo un método que no es el que se usará una vez que el Estándar entre en uso, o se introducen ciertas desviaciones respecto al método propuesto en la Normalización. Estas desviaciones pueden ser:

1. Desviaciones aleatorias introducidas en cuanto al método de ejecución de un ciclo a otro, tales como variaciones en el patrón de movimientos, en la longitud y en la cantidad de movimientos, sobreposición de movimientos, etc.
2. Un cambio intencional y temporal en el método introducido por el operario sólo mientras se realiza el Estudio; esto con el fin de inflar el ciclo y hacer que se obtenga un Estándar más liberal.
3. Una desviación en el método Normalizado que inflará el Estándar como en el caso anterior, pero la desviación es hecha sin intención por parte del operario, debido a falta de entrenamiento o por inhabilidad.
4. Una desviación en el método que introduce una mejora respecto al Normalizado pero que sin embargo es única para un operario dado y no podría esperarse que la realicen la mayoría de las personas que deben ejecutar la operación que se estudia.

Estas desviaciones en Método pueden tratarse de corregir de acuerdo con cada caso particular.

Una forma consiste en determinar los tiempos de los movimientos extra utilizando las tablas de Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos y luego restar dichos tiempos del tiempo total obtenido.

Otra forma, no muy aconsejable, consiste en hacer un ajuste del tiempo mediante la Calificación de Velocidad.

También pueden hacerse ajustes posteriormente cuando se estimen las "Tolerancias".

F. Registros Históricos.

Las técnicas de medición del trabajo basadas en Registros Históricos permiten determinar directamente el Tiempo Normal de ejecución de una tarea sin tener que realizar observaciones o mediciones

directas. Dichas técnicas comprenden Tiempos Normales tabulados, curvas, nomogramas o tablas generales. Los Estándares calculados a partir de ellos son relativamente consistentes; y cuando el trabajo es nuevo y todavía no ha sido implantado resulta mucho más conveniente utilizarlas. En este texto se expondrán las siguientes técnicas basadas en Registros Históricos:

Datos Estandarizados de Tiempo

Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos

Fórmulas de Tiempo

Estas técnicas permiten determinar los tiempos para los elementos manuales. Los tiempos de corte para diferentes operaciones de maquinado son relativamente fáciles de calcular, conociendo las velocidades y la alimentación indicados para el tipo de material que se procese. Por ejemplo, los tiempos de maquinado para algunas máquinas-herramientas son:

Para el Taladro

$$T_m = L / S.n$$



FIGURA 76

Siendo: T_m = Tiempo de maquinado

$$L = l + 0,3d$$

l = Profundidad del agujero a perforar

d = Diámetro de la broca (mm)

n = Número de revoluciones de la broca por minuto (rpm)

S = Avance por revolución

Para el Torno

$$T_m = l/a.n$$

Siendo: l = Longitud a torneear

a = Avance por revolución

n = rpm

Para la Cepilladora

$$T_m = l/a.c$$

Siendo: l = longitud a cepillar

a = Avance por carrera

c = Carreras por minuto

Datos Estandarizados de Tiempo:

Los Datos Estandarizados de Tiempo en su mayoría están constituidos por Estándares elementales tomados de Estudios que han resultado satisfactorios. Su aplicación es fundamentalmente una extensión de la misma clase de procedimiento usado para obtener estándares de tiempo mediante Cronometrado.

Los Datos Estandarizados de Tiempo para las actividades manuales relacionadas con algunas máquinas-herramientas se encuentran en publicaciones especializadas. En ellas aparecerá para cada elemento el valor del tiempo asignado sobre la base de datos históricos. Por ejemplo, utilizando un taladro:

Elemento	Tiempo
Coger pieza	20
Colocar broca	60
Colocar pieza en mordaza	13
Aproximar broca y centrar	37
Poner el automático;	06
TALADRAR	*
Quitar automático	06
Subir broca	06
sacar pieza de mordaza	12
dejar pieza en caja	18

* El Tiempo Principal para taladrar, es decir, aquel durante el cual el filo de la broca arranca virutas, se obtiene mediante la fórmula ($L/S.n$)

Sumando todos estos tiempos elementales se obtiene el Tiempo Normal de Ejecución de la operación "Taladrar pieza". Son conocidos los Datos Estandarizados utilizados en los talleres de reparación de automóviles, a partir de los cuales se estiman los costos de mano de obra.

Algunas veces, debido a la brevedad de los elementos, se hace difícil determinar tiempos individuales de ejecución. Esto se resuelve midiendo grupos de elementos colectivamente y usando ecuaciones simultáneas para determinar los valores de cada elemento.

EJEMPLO:

Se tienen cinco elementos a,b,c,d,e. Los mismos pueden medirse en grupos, como sigue: (25)

$$1: a + b + c = .070 \text{ Min} = A$$

$$2: b + c + d = .067 \text{ " } = B$$

$$3: c + d + e = .073 \text{ " } = C$$

$$4: d + e + a = .061 \text{ " } = D$$

$$5: e + a + b = .068 \text{ " } = E$$

Sumando las cinco ecuaciones tenemos:

$$3a + 3b + 3c + 3d + 3e = A + B + C + D + E = .339 \text{ min}$$

$$\therefore a + b + c + d + e = \frac{.339}{3} = .113 \text{ min}$$

$$3$$

$$A + d + e = .113 \text{ min}$$

$$\therefore d + e = .113 - .070 = .043$$

$$c + d + e = 0.073 \therefore c + .043 = .073$$

$$c = .073 - .043 = .03 \text{ min}$$

$$d + e + a = .061$$

$$a = .61 - .043 = .018 \text{ min}$$

$$b = 0.70 - (c + a) = .070 - (.021) = .022 \text{ min}$$

$$d = .067 - (.025) = .015 \text{ min}$$

$$e = .068 - (a + b) = .068 - .040 = .028 \text{ min}$$

Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos (25)

Los Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos (T.M.B.S.) son recopilaciones de tiempos que se asignan a movimientos fundamentales y a grupos de movimientos que no pueden ser evaluados en forma precisa mediante los métodos ordinarios de Estudio de Tiempos. Son el resultado de estudiar una gran muestra de operaciones diversas las cuales se filmaron y analizaron para poder así obtener la duración de los elementos de muy corta duración en los cuales se dividieron dichas operaciones. Estos tiempos se dice que son Sintéticos porque se refieren a movimientos que comprenden combinaciones de THERBLIGS, y son Básicos debido a que mayores refinamientos resultarían no sólo ilógicos sino imprácticos.

Un sistema de T.M.B.S. permite analizar una operación manual, o la parte manual de una operación, en términos de los movimientos básicos requeridos para ejecutarla, y asigna a cada movimiento un valor de Tiempo Normal previamente establecido. De tal forma que sumando los tiempos para los movimientos individuales obtenemos el tiempo total de ejecución de la operación.

El desarrollo del primer sistema de T.M.B.S. se le acredita a A.B. Segur, de Illinois, U.S.A., entre los años 1919 y 1925. Segur utilizó gran parte de los registros y material fotográfico original de los Gilbreth para formular el sistema **M.T.A.** (iniciales de **Motion Time Analysis**).

El segundo sistema que surgió fue el **WORK FACTOR**, en el año 1934. Dicho sistema se desarrolló independientemente del M.T.A., por un grupo de ingenieros industriales encabezados por Joseph H. Quick. La información relativa al Work Factor fue publicada en 1945 en la revista "Factory Management and Maintenance" (28).

El sistema **M.T.M.** (iniciales de **METHODS TIME MEASUREMENT**) se originó en el año 1948, desarrollado por Maynard, Stegemerten y Schwab. **Actualmente es uno de los sistemas más utilizados.** En el mismo año 1948, la Mc Graw Hill Book Co. publicó un texto sobre el sistema M.T.M.

Hacia el final de la década de 1940 se desarrollaron otros dos sistemas por la General Electric Co.: uno llamado **M.T.S.** (iniciales de **MOTION TIMES STANDARDS**) y otro **D.M.T.** (iniciales de **DIMENSION MOTION TIME**).

Entre 1949 y 1951 se desarrolló un sistema denominado **B.M.T.**

(iniciales de **BASIC MOTION TIMES**), por J.D. Woods y Gordon Limited, en Toronto, Canadá.

Otro sistema más reciente, originado en Australia, creado por la Asociación Australiana para tiempos predeterminados en 1966 es el **MODAPTS** (iniciales de **MODULAR ARRANGEMENT OF PREDETERMINED TIME STANDARDS**).

En este texto se expondrán los Siguietes métodos:

WORK FACTOR

M.T.M

B. M. T.

VENTAJAS DE LOS T.M.B.S.

1. Los sistemas de T.M.B.S. permiten hacer una revisión del método, ya que todos ellos requieren que primeramente se haga un análisis de la tarea a estudiar en términos de los movimientos de las dos manos del operario. De tal manera, que antes de encontrar los tiempos de ejecución de los elementos podemos ver nuevamente la posibilidad de eliminar, combinar, o cambiar de posición algunos de dichos elementos.
2. Los T.M.B.S. proporcionan valores consistentes que pueden ser reproducidos en cualquier momento por cualquier persona entrenada.
3. Los tiempos que se obtienen son Tiempos Normales que se basan en un factor de Calificación de Velocidad que no depende solamente del juicio de una persona, sino de muchas.
4. Los tiempos se basan en muestras de tamaño considerable y por lo tanto son confiables.
5. Las tareas de ciclo muy corto pueden medirse fácilmente utilizando T.M.B.S.; y mientras más corto sea el ciclo más fácil será la medición.
6. Se pueden establecer tiempos de ejecución antes de que el trabajo esté implantado.
7. Los sistemas de T.M.B.S. pueden ser aceptados fácilmente por el Trabajador, el Sindicato y la Gerencia.

DESVENTAJAS DE LOS T.M.B.S.

1. Se requiere bastante entrenamiento para poder dominar un método y aplicarlo bien.
2. El cálculo del Tiempo de Ejecución de una operación, por lo laborioso, consume bastante tiempo.

FUNDAMENTACION DE LOS SISTEMAS DE T.M.B.S.

1. El Tiempo Normal

Los tres métodos que se describirán: el Work Factor, El M.T.M. y el B.M.T., como ya se sabe proporcionan Tiempos Normales; sin embargo, la base que cada uno de ellos utiliza (El concepto de Operario Normal) difiere de uno a otro método.

Para el Work Factor el Operario Normal es aquel muy avezado, completamente entrenado en la tarea que realiza. El M.T.M. considera como Normal al operario medio, mientras que el B.M.T. también considera Normal al operario medio pero añade a los Tiempos Normales de ejecución un porcentaje que está entre 25 y 30%, como incentivo. De tal manera que si se determina el Tiempo Normal de ejecución de una misma operación por los tres métodos se obtendrían tres valores diferentes, siendo el tiempo calculado por el Work Factor el menor; luego seguiría el calculado por el M.T.M. y el mayor sería el del B.M.T.

No importa cual de ellos se utilice. Lo importante es ser consistente en cuanto a su aplicación.

2. Elementos Básicos

En casi todas las operaciones hay que mover las manos, los pies o los brazos hacia el área de trabajo, o hacia el material o hacia el equipo. Por lo tanto este elemento debe estar incluido en cualquiera de los sistemas de T.M.B.S. y puede ser denominado Alcanzar, o Transporte Vacío. El material o la herramienta deben ser tomados o agarrados, por lo cual hay que considerar también otro elemento que puede ser llamado Coger o Asir. El objeto es luego trasladado hasta el sitio o posición requeridos y esta acción puede llamarse Transporte Cargado o Mover. Las partes o piezas también pueden ser ensambladas (Montar) o desunidas (Desmontar), orientadas de una manera específica (Posicionar) y ser dejadas después de completar la acción (Soltar). Todos estos elementos deben por lo

tanto ser considerados. Adicionalmente a los movimientos físicos hay ciertos Procesos Mentales, o intervalos entre estímulo y reacción nerviosa, que también consumen tiempo.

Otros elementos básicos se refieren al tronco, el cual puede doblarse o girarse; la cabeza y los ojos, que pueden enfocar e inspeccionar objetos.

También cuando se usan en combinación los miembros del cuerpo (movimientos simultáneos) hay que considerar el efecto que ello tiene.

Factores

Además de los tiempos que se consumen en la ejecución de los movimientos básicos, hay que tener presente que dicha ejecución puede ser restringida por la presencia de algunos factores y esto por lo tanto ocasiona un incremento en el tiempo de duración del elemento. Entre esos factores tenemos: **el peso cargado**. A medida que aumenta el peso del objeto que se maneja se restringe más el movimiento. Tal como se establece en los Principios de Economía de Movimientos los **cambios abruptos** de dirección deben evitarse, y si existen contribuyen a aumentar el tiempo. Otro factor es la **precaución**. Si existe algún riesgo el movimiento tiene que hacerse con cuidado, y esta atención extra incrementa el tiempo.

No es lo mismo agarrar un objeto aislado que uno agrupado con otros, bien sea en forma ordenada o desordenada, y tampoco es lo mismo agarrar un objeto delgado y plano colocado sobre una superficie plana, que otro fácil de agarrar.

Si los objetos no están dentro del área normal de la visión se hará más difícil ensamblarlos o agarrarlos.

Todos los sistemas de T.M.B.S., por lo tanto, en una forma u otra consideran los Elementos Básicos y los Factores. Lo que puede variar es la definición de Elemento Básico o la manera de incluir los Factores.

SISTEMA WORK FACTOR (28)

El sistema Work Factor permite disponer de cuatro procedimientos diferentes de aplicación, dependiendo de los objetivos a cumplir y de la precisión requerida. Los mismos son:

EL WORK FACTOR Detallado

El WORK FACTOR Simplificado

El WORK FACTOR Abreviado

El WORK FACTOR Rápido

El WORK FACTOR DETALLADO, provee estándares precisos. Considera a las tareas como dependientes de 4 variables principales: El miembro del cuerpo usado, la Distancia movida, el Control manual requerido y el peso o resistencia involucrado. El análisis también toma en cuenta 8 elementos estándar de trabajo que son: Transportar, Coger, Preposicionar, Montar, Usar, Desmontar, Procesos Mentales y Dejar. Los tiempos se proveen en unidades de Work Factor. Cada Unidad es igual a **0,0001 minutos**. Se utiliza principalmente para determinar tiempos de operaciones de ciclo corto y altamente repetitivas.

EL WORK FACTOR SIMPLIFICADO. Se usa cuando las operaciones no requieren de un análisis tan preciso como el que proporciona el Detallado. Se utiliza generalmente para casos en los cuales la cantidad de producción es media. Permite obtener estándares en la mitad del tiempo que con el Detallado y la pérdida de precisión no excede normalmente el + 5%. La unidad de tiempo que emplea es 0,0001 minutos.

El WORK FACTOR ABREVIADO. Se desarrolló para satisfacer necesidades particulares de trabajos de taller, mantenimiento y trabajos de la industria de la construcción y otros tipos de tareas pesadas que no necesitan de tanto detalle como el que provee el Work Factor Detallado. Su precisión varía entre + 10 y 12% respecto al Detallado. La unidad de tiempo que emplea es 0,005 minutos.

EL WORK FACTOR RAPIDO. Se desarrolló para satisfacer la necesidad de proporcionar un método sencillo que permitiera a personas que no están relacionadas directamente con la Ingeniería de Métodos, (por ejemplo los que trabajan en diseño del producto, o en estimación, en producción, etc.) poder evaluar un trabajo manual. Cuando se aplica correctamente los tiempos obtenidos por Work Factor Rápido pueden variar entre 0 y + 5% de los obtenidos con el Detallado. La unidad de tiempo que emplea es 0,001 minutos.

El sistema Work Factor detallado considera que el tiempo requerido para realizar un movimiento dado depende de 4 variables principales:

1. El miembro del cuerpo usado
2. La distancia movida
3. El peso o resistencia involucrados
4. El control manual requerido

1. Miembro del Cuerpo. El miembro del cuerpo usado es aquella parte del cuerpo del trabajador que realmente ejecuta el movimiento. Es la variable más fácil de identificar. El sistema proporciona tablas en las cuales se han recopilado tiempos de ejecución de un movimiento para cada miembro del cuerpo posible de utilizar:

Dedos de la mano

Brazo

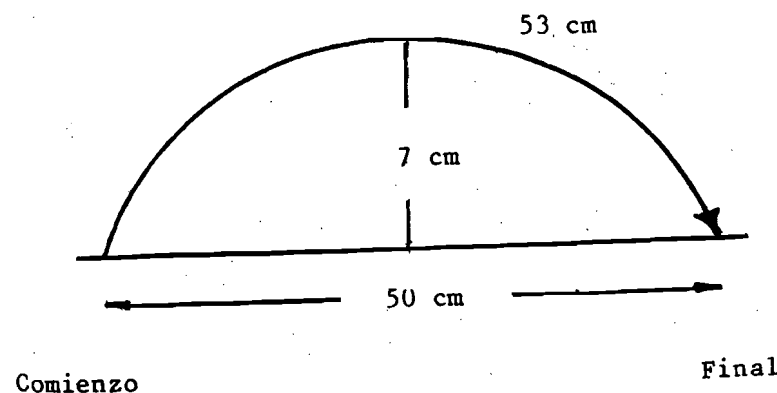
Antebrazo

Tronco

Pies

Cabeza

2. Distancia: Se determina fácilmente, midiéndola en línea recta entre los puntos de comienzo y finalización del movimiento. La trayectoria real se mide solamente cuando está involucrado un cambio de dirección, o cuando hay que rodear un obstáculo.



DETERMINACION DE LA DISTANCIA MOVIDA. SE USA 50 CM

Figura 77

La distancia influye sobre el tiempo necesario para alcanzar algo o mover algo. Mientras mayor sea la distancia se necesita más tiempo.

3. **Peso o Resistencia.** Cargar una caja que pesa 3 Kilos se considera un peso, mientras que empujar una caja pesada a lo largo de un transportador de rodillos, se considera una Resistencia. Mientras mayor sea el peso o resistencia, más tiempo se necesitará para ejecutar el movimiento. Además de la magnitud del objeto que se mueve, el peso influirá de acuerdo al miembro del cuerpo usado y de acuerdo al sexo del operario. Cuanto más pequeño sea el miembro del cuerpo usado, mayor será el efecto que ocasione el peso o resistencia. Igualmente, un peso dado tiene mayor efecto sobre el movimiento ejecutado por una operaria que por un operario.
4. **Control Manual.** Para ejecutar algunos movimientos se hace necesario cierto control manual. Mientras más exacta sea la función a cumplir mayor será el control y mayor la dificultad, lo cual se traduce en un movimiento más lento. El Control Manual es la variable más difícil de cuantificar. El sistema Work Factor clasifica los factores de Control Manual de acuerdo con su efecto sobre el trabajo, de la manera siguiente:

Work Factor por	{	Parada Definitiva
		Control Direccional
		Cuidado o Precaución
		Cambio de Dirección

Si un movimiento comprende muy poco control manual y no involucra tampoco el movimiento de un peso significativo o el vencimiento de una resistencia no hay efecto retardante, por lo cual recibirá el nombre de Movimiento Básico. Por ejemplo, lanzar un fósforo después de encender una vela, es un Movimiento Básico.

Parada Definitiva. Cuando se requiere algún control manual para detener el movimiento dentro de un intervalo fijo. La mayor parte de los movimientos de alcanzar (antes de coger un objeto), o mover un objeto (para luego ensamblarlo) terminan con una Parada Definitiva. Un movimiento con Parada Definitiva tarda más tiempo que uno Básico.

Control Direccional. Cuando hay que guiar un movimiento hacia un lugar específico a través de un área limitada. Ejemplo: Enhebrar una aguja de coser.

Cuidado o Precaución. Cuando hay que mover un objeto con mucho cuidado para prevenir daños. Como por ejemplo cuando se mueve un envase lleno de ácido, o se manejan objetos de vidrio muy frágil.

Cambio de Dirección. Cuando se altera la trayectoria del movimiento con el fin de alcanzar un sitio remoto o rodear un obstáculo.

Un Work Factor se define como el índice de tiempo adicional requerido por sobre el tiempo básico para considerar los efectos de las variables Peso y Control Manual. El movimiento básico no comprende WORK FACTORS; su tiempo se busca en las tablas en la columna denominada "Básico". Pero a medida que se añade complejidad al movimiento por la introducción de Peso o de Control Manual, se agregarán Work Factors, lo cual significa que el tiempo se va incrementando. Las tablas proveen 4 columnas bajo el encabezamiento Work Factors. Si el movimiento presenta una sola complejidad (por ejemplo la representada por un peso de 3 kilogramos) su tiempo se buscará en la columna número 1. Si además hay que manejar dicho peso con precaución, buscaremos en la columna número 2 en lugar de la número 1, y así sucesivamente. Buscar en una columna con un número mayor significa que el tiempo se ha incrementado.

ELEMENTOS ESTANDAR DE TRABAJO

El sistema Work Factor divide todas las tareas en 8 elementos estándar de Trabajo los cuales son:

1. Transportar
2. Coger
3. Preposicionar
4. Montar
5. Usar
6. Desmontar
7. Procesos Mentales
8. Dejar

1. **Transportar.** Constituye el eslabón de enlace entre los otros elementos estándar. Se clasifica en Alcanzar y Mover. Alcanzar tiene como finalidad cambiar de ubicación un miembro del cuerpo para dirigirse a un destino, lugar u objeto. Mover tiene como finalidad cambiar de ubicación a uno o más objetos. Tanto el Transportar como el Mover pueden ser realizados por cualquier miembro del cuerpo.
2. **Coger.** Es el acto de obtener control manual sobre un objeto. Comienza después de que la mano se ha movido directamente hacia el objeto y finaliza una vez que se ha logrado el control manual y puede ocurrir un Mover.

El sistema Work Factor considera tres tipos de Coger:

- a. Simple. Coger objetos aislados, fáciles de asir y que no requieren más de un movimiento simple.

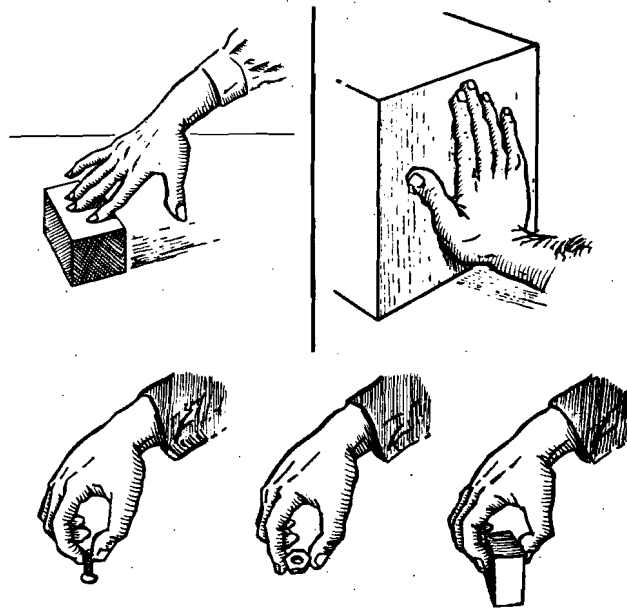


FIGURA 78 Coger Simple

- b. Coger manipulativo. Coger objetos o colocados en forma ordenada, los cuales requieren de más de un movimiento de los dedos para ganar control.

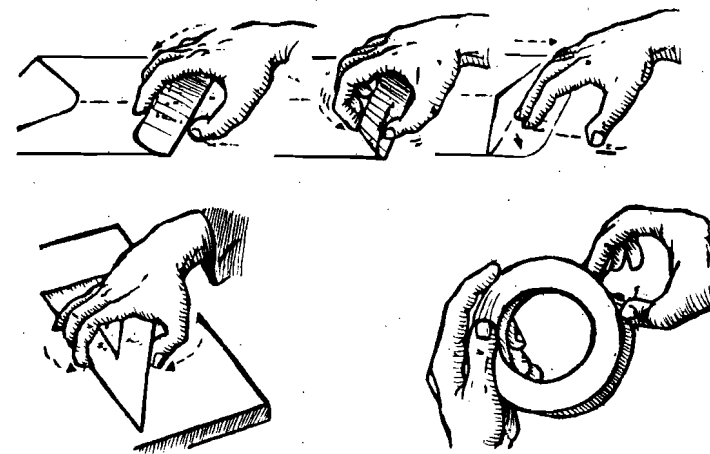


FIGURA 79 Coger manipulativo

- c. Coger Complejo. Coger un objeto de una pila desordenada. Esto incluye más de un movimiento y algunas veces comprende movimientos de los brazos.

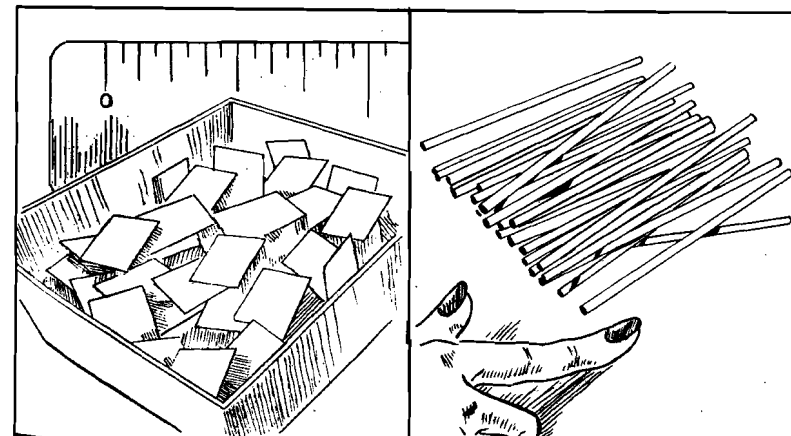


FIGURA 80 Coger Complejo

Los objetos a coger pueden ser:

- Sólidos cilíndricos y de área seccional regular. Se define así a los objetos que tienen áreas seccionales de forma regular (cuadrados, hexágonos, etc.)
- Objetos planos y delgados. Todos los objetos planos con un espesor menor o igual a 1,2 milímetros.
- Sólidos y soportes. Definidos como todos los objetos por sobre 1,2 milímetros de espesor, y que no pueden clasificarse como planos o cilíndricos.

3. **Preposicionar.** Ocurre cuando es necesario girar u orientar un objeto a fin de que quede en la posición correcta para la ejecución del siguiente elemento. El preposicionar ocurre normalmente como un porcentaje.



FIGURA 81 Preposicionar

4. **Montar.** Ocurre cuando se juntan dos o más objetos. El tiempo de Montar depende de:

- a. Las dimensiones del Macho
- b. Las dimensiones de la Hembra
- c. La relación Macho-hembra
- d. El tipo de Hembra (cerrada o abierta)

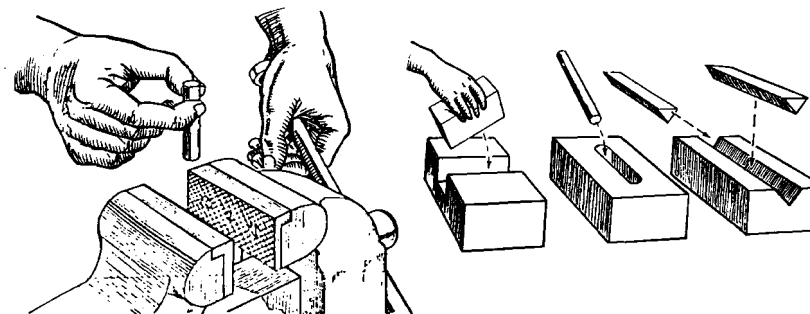


FIGURA 82
Hembras Abiertas

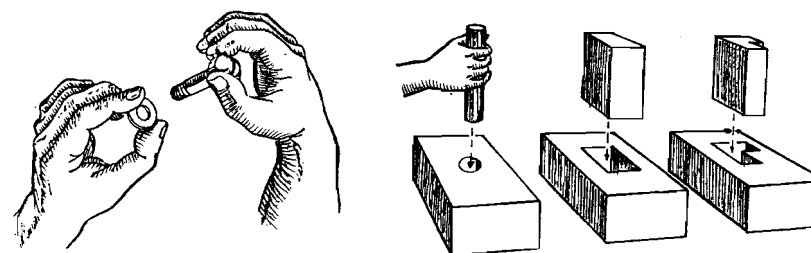


FIGURA 83
Hembras Cerradas

5. **Usar.** Es el acto de emplear máquinas, equipos, instrumentos, herramientas u otros dispositivos para realizar un trabajo.

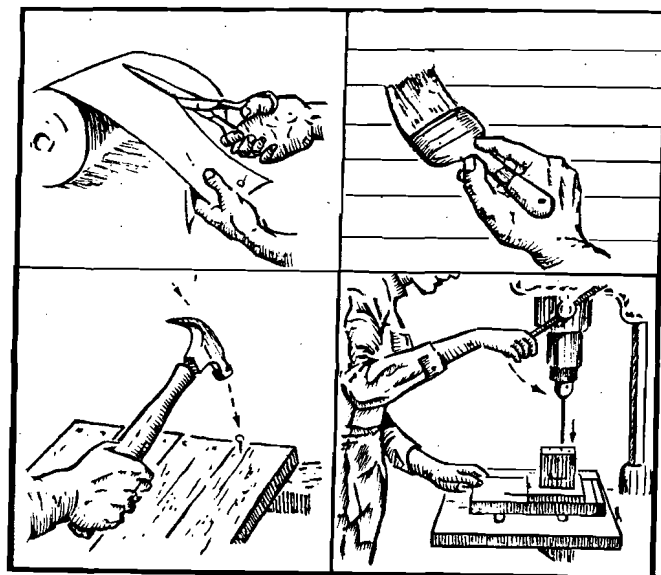


FIGURA 84 Usar

6. **Desmontar.** Es el acto de separar objetos que están unidos uno con otro. Usualmente se produce en un sólo movimiento.

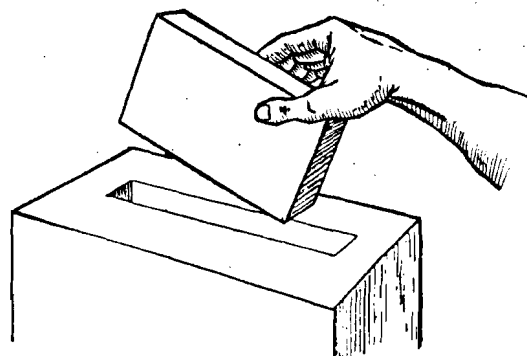


FIGURA 85 Desmontar

7. **Procesos mentales.** Aplica a todo proceso o actividad mental. Es el intervalo de tiempo transcurrido entre el impulso y la reacción nerviosa.
8. **Dejar.** Es el opuesto al Coger. Existen 3 tipos de Dejar:
- Por contacto (levantar la mano del objeto).
 - Por gravedad (dejar caer el objeto).
 - Dejar de sujetar (cuando los dedos estaban alrededor del objeto, pero el mismo no se deja caer sino que se coloca en algún sitio).

NOTACION QUE UTILIZA EL SISTEMA WORK FACTOR

Los movimientos se describen siguiendo el presente orden: Miembro del Cuerpo Usado-Distancia movida-Work Factors que involucra el movimiento. Los símbolos para los miembros del cuerpo son:

MIEMBRO DEL CUERPO	SIMBOLO
Dedo	F, H
Mano	H
Brazo	A
Giro del Antebrazo	F, S
Tronco	T
Pierna	L
Pie	Ft

Las distancias se miden en centímetros, aproximando siempre al valor más cercano que aparezca en la tabla. Si la distancia es de 2,5 centímetros o menos se toman 2,5 cm. Inmediatamente después del símbolo del miembro del cuerpo usado, se escribe la distancia en centímetros. Por ejemplo:

A 15

Significa un movimiento básico del brazo a través de 15 centímetros.

Los símbolos para los **WORK FACTORS** son:

SIMBOLO

W

S

P

U

D

CONCEPTO

Peso o Resistencia

Control Direccional

Precaución

Cambio de Dirección

Parada Definitiva

Por definición un movimiento no puede contener más de un Work Factor por Control Direccional, uno por Precaución, uno por Cambio de Dirección y uno por Parada Definitiva y por lo tanto uno sólo de cada uno de estos símbolos puede aparecer en la descripción de cualquier movimiento.

Un movimiento puede contener cero, uno, dos, tres o cuatro Work Factors por Peso o Resistencia. El símbolo W una vez indica un Work Factor por peso, WW (o W^2) indica dos Work Factors por peso; WWW (o W^3) tres Work Factors por peso, etc. Ejemplos.

A 15W

Significa un movimiento del brazo a través de 15 centímetros cargando un peso mayor de 0,9 kilos y menor o igual a 3,2 kilos.

A 15W D

Significa cargar un peso mayor de 0,9 kilos y menor o igual a 3,2 kilos y detener el movimiento al final de 15 centímetros.

A 15W DP

Es igual al anterior, pero el movimiento es realizado con cuidado.

Si buscamos los tiempos correspondientes en la tabla para tiempos de movimientos del Work Factor, deberá cumplirse que:

TIEMPO (A15) < TIEMPO (A15 W) < TIEMPO (A15 W D) < TIEMPO (A15 W D P)

Cuando un movimiento idéntico se repite varias veces en sucesión, la descripción del movimiento va precedida por un número que indica el número de veces que ocurre.

Ejemplo: 6 A15

Significa que el brazo se mueve 6 veces a través de una distancia de 15 centímetros (supongamos que estamos borrando el pizarrón).

Cuando se consideran distancias promedio, o un número promedio de ocurrencias, se preceden los símbolos con la letra V. Ejemplos:

- Cuando se colocan tornillos en una caja, la distancia del movimiento del brazo varía desde 10 hasta 20 centímetros. Como el promedio es 15 centímetros el movimiento se registra: VA 15D.
- Cuando se preposiciona un objeto el número movimientos de los dedos, de 2,5 centímetros, varía entre 2 y 4. Como el promedio es de 3 movimientos, tendremos: V 3F 2,5
- Para borrar el pizarrón se hacen movimientos del brazo de 30 centímetros en promedio y es posible que también varíe el número de movimientos, cuyo promedio es 8. En este caso tendremos:

V8 VA30

Cuando un elemento no ocurre en cada ciclo, su frecuencia se expresa en porcentaje. En este caso la descripción del elemento va precedida de un guión y al lado de éste se coloca el porcentaje que representa la frecuencia de ocurrencia. Ejemplo:

A 15D - 20%

A continuación se presentará la tabla correspondiente a los tiempos de los movimientos solamente, ya que es la tabla más importante de este método. (Además existen tablas para coger y montar). Mayores detalles pueden obtenerse en Textos especializados (Ver Bibliografía).

La Tabla proporciona en forma rápida el tiempo de ejecución de cualquier movimiento manual descrito en términos del miembro del cuerpo usado, distancia y Work Factors correspondientes. Primero buscaremos la tabla que se refiere al miembro del cuerpo usado, luego en esa tabla se localiza el número de centímetros más próximos a la distancia movida y por último la columna asociada con el número de Work Factors. Si el movimiento no comprende Work Factors (porque se maneja un peso menor de 0,9 Kg si el operario es hombre o menor de 0,45 Kg, si es mujer y además no requiere de Control Manual), su tiempo se encuentra en la intersección con la columna "Básico"; y si comprende Work

TABLA DE TIEMPOS DE MOVIMIENTOS Work-Factor PARA ANALISIS DETALLADO TIEMPOS EN UNIDADES Work-Factor												
DISTANCIA RECORRIDA EN EL MOVIMIENTO	BASICO	WORK FACTORS				DISTANCIA RECORRIDA EN EL MOVIMIENTO	BASICO	WORK FACTORS				
		1	2	3	4			1	2	3	4	
(B) BRAZO - Medido en los nudillos						(L) PIERNA - Medida en el tobillo						
2,5 cm	18	28	34	40	46	25 cm	21	30	38	46	53	
5	20	29	37	44	50	5	23	32	42	51	58	
7,5	22	32	41	50	57	7,5	25	37	48	57	65	
10	24	35	45	55	63	10	27	40	52	63	72	
12,5	26	38	49	60	70	12,5	29	43	56	68	79	
15	28	41	53	65	77	15	31	46	60	73	86	
17,5	30	44	57	70	83	17,5	33	49	64	78	92	
20	32	47	61	75	89	20	35	52	68	83	98	
22,5	34	50	65	80	95	22,5	37	55	72	88	104	
25	36	53	69	85	101	25	39	58	76	93	110	
27,5	38	56	72	88	105	27,5	41	61	80	98	116	
30	40	59	75	92	109	30	43	64	84	103	121	
32,5	42	62	79	96	113	32,5	45	67	88	107	125	
35	44	65	82	100	117	35	47	70	91	111	129	
37,5	46	68	85	103	120	37,5	49	73	94	114	133	
40	48	71	88	106	123	40	51	76	97	117	136	
42,5	50	74	91	109	126	42,5	53	79	100	120	140	
45	52	77	94	112	129	45	55	82	103	123	144	
47,5	54	80	97	115	132	47,5	57	85	106	126	147	
50	56	83	100	118	135	50	59	88	109	129	150	
55	61	88	106	123	140	55	63	93	114	134	155	
60	66	93	111	128	145	60	68	98	119	139	160	
65	71	98	116	133	150	65	73	103	124	144	165	
70	76	103	121	138	155	70	78	108	129	149	170	
75	81	108	126	143	160	75	83	113	134	154	175	
80	86	113	131	148	165	80	88	118	139	159	180	
85	91	118	136	153	170	85	93	123	144	164	185	
90	96	123	141	158	175	90	98	128	149	169	190	
95	101	128	146	163	180	95	103	133	154	174	195	
100	106	133	151	168	185	100	108	138	159	179	200	
Peso en HOM. Kilos	0,8 0,45	3,2 1,6	5,6 2,8	8,0 4,0	10,4 5,2	Peso en HOM. Kilos	3,6 1,8	18,0 9,0	0 MAS 0 MAS	—	—	—
(T) TRONCO - Medido en los hombros						(F,H) DEDO o MANO - Medido en la punta del dedo						
2,5	26	38	48	58	67	2,5	16	23	29	36	40	
5	28	41	52	63	73	5	17	25	32	39	44	
7,5	30	43	55	66	77	7,5	18	27	35	42	48	
10	32	45	58	70	81	10	19	29	38	46	52	
12,5	34	48	61	74	85	12,5	20	31	41	50	57	
15	36	51	64	78	89	15	21	33	44	53	61	
17,5	38	54	67	82	93	17,5	22	35	47	56	64	
20	40	57	70	85	96	20	23	37	49	59	68	
22,5	42	60	73	88	99	22,5	24	39	52	62	71	
25	44	63	76	91	102	25	25	41	55	65	74	
27,5	46	66	79	94	105	27,5	26	43	58	68	77	
30	48	69	82	97	108	30	27	45	61	71	80	
32,5	50	71	85	100	111	32,5	28	47	64	74	83	
35	52	74	88	103	114	35	29	49	67	77	86	
37,5	54	77	91	106	117	37,5	30	51	70	80	89	
40	56	80	94	109	120	40	31	53	73	83	92	
42,5	58	83	97	112	123	42,5	32	55	76	86	95	
45	60	86	100	115	126	45	33	57	79	89	98	
47,5	62	89	103	118	129	47,5	34	59	82	92	101	
50	64	91	106	121	132	50	35	61	85	95	104	
Peso en HOM. Kilos	5,0 2,5	10,0 5,0	0 MAS 0 MAS	—	—	Peso en HOM. Kilos	1,5 0,75	14,0 7,0	0 MAS 0 MAS	—	—	—
SIEMPRE Work-Factor W - Peso o resistencia S - Control direccional P - Precaución U - Cambio de dirección D - Parada definitiva												
TIEMPO PARA CAMINAR INSPECCION VISUAL												
TIPO PASOS DE 75 cm. 1 2 MAS QUE 2 General Anelizar 260 120 + 80/peso 120 + 100/peso Restringido con Tabla 300												
Agregar 100 por rotaciones de 120° - 180° al principio o al final Subir escaleras (20 cm. elevación 25 cm. profundidad) 126 Bajar escaleras 100												
Rotación de cabeza 45° 40° 90° 60° 1 unidad de tiempo - 0.006 seg. - 0.0001 min. - 0.00000167 hora												

Factors, se busca en la intersección con la columna cuyo número sea igual al total de complejidades incluidas.

EJEMPLOS

a. A 15

1. Buscar tabla correspondiente al brazo (A).
2. Localizaremos en esa tabla la distancia 15
3. Buscar tiempo en intersección de la horizontal que pasa por el valor 15, con la columna "Básico".

$$\text{TIEMPO} = 32 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

b. A 15 W

1. Buscar tabla correspondiente al brazo (A).
2. Localizar en esa tabla la distancia 15.
3. Buscar tiempo en intersección de la horizontal que pasa por el valor 15, con la columna N° 1.

$$\text{TIEMPO} = 47 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

c. A 15 WW

1. Buscar tabla correspondiente al brazo (A)
2. Localizar en esa tabla la distancia 15.
3. Buscar tiempo en intersección de la horizontal que pasa por el valor 15, con la columna N° 2.

$$\text{TIEMPO} = 60 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

d. A 15 UD, A 15 WD, A 15 WP, A 15 PS

Pasos iguales al anterior ejemplo

$$\text{TIEMPO} = 60 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

e. A 15 WDP

Pasos iguales a los ejemplos anteriores, pero buscar en columna N° 3.

$$\text{TIEMPO} = 72 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

f. A 15 WD - 50%

$$\text{TIEMPO} = 60 \times 10^{-4} \times 0,5 \text{ minutos}$$

$$= 30 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

g. F.S: 90°

$$\text{TIEMPO} = 23 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

h. Determinar el tiempo de ejecución del siguiente movimiento:

Transportar manualmente hasta una distancia de 60 centímetros sobre una mesa, un recipiente abierto lleno de ácido sulfúrico concentrado para dejarlo allí. El peso del conjunto es de 1 kg (operario masculino).

SOLUCION:

$$\text{A } 60 \text{ WPD} = 131 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

Si se va a determinar el tiempo de ejecución de una operación en la cual se usan las dos manos, se procede de la manera siguiente:

1. Hacer un Diagrama Mano Derecha-Mano Izquierda de la actividad, pero los elementos en los cuales se divide ésta deben corresponder a las definiciones del Work Factor.
2. Describir cada elemento usando la simbología del método.
3. Ir a las tablas para buscar el tiempo de ejecución de cada elemento.
4. Para cada mano sumar los tiempos elementales.
5. El tiempo de ejecución total será el tiempo mayor de los dos.

EJEMPLO:

La Operación que se analizará consiste en tomar un destornillador e introducirlo en una caja.

Nº	Descrip.	Mano Izquierda		Tiempo acmltvo.	Mano Derecha		Nº
		Análisis del Mov.	Tiempo Elemen.		Análisis del Mov.	Descrip	
1	Va a caja	A10D	36	36 32 32	A8D	Va a Dest.	1
2	Coger caja	F1	16	52 72 40		Coge Dest.	2
3	Mover a área de trabajo	A10D	36	88 - -	-	-	3

4 Esperar	120	120	32	A8D	Mover a area de trabajo	4
5 Sostener en caja	128	128	8	1/2FI	Dejar en caja	5

Otros ejemplos:

Movimiento	Tiempo (10 ⁻⁴ min)
A40-WSD	115
A2P	26
2A14W	94
A10WW	48
A10	26

SISTEMA M.T.M.

Sus autores definen el M.T.M. como un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método según los movimientos básicos requeridos para realizarlo y asigna a cada movimiento un tiempo predeterminado por la naturaleza del movimiento mismo y por las condiciones bajo las cuales se efectúa.

Existen diferentes variedades de M.T.M., las cuales son:

M.T.M 1

M.T.M 2

M.T.M 3

El M.T.M 1 proporciona un análisis detallado, mientras que el M.T.M 2 y 3 son formas más simplificadas. En este texto describiremos el M.T.M. 1.

Los valores de tiempo se expresan en 0,00001 horas y están contenidos en 9 tablas construidas para los siguientes movimientos básicos:

Alcanzar

Mover

Girar y aplicar presión

Coger

Posicionar

Dejar

Desmontar

Movimientos de los ojos y enfoque visual.

Movimientos del cuerpo, pierna y pie.

Una décima tabla permite averiguar la posibilidad de efectuar dos movimientos en forma simultánea.

Los movimientos básicos, o elementos, que considera este sistema son:

ALCANZAR (R)

Definición: Movimiento empleado cuando el propósito predominante es mover la mano o los dedos hacia un lugar determinado.

Comienza: Cuando empieza el movimiento.

Termina: Cuando el miembro está aproximadamente 2,54 cmts. del objetivo.

Variables que influyen: (1) Longitud del movimiento. (2) Tipo de Alcance.

Selección del Tipo de Alcance

Caso	Explicación
A. Alcanzar un objeto situado en una localización fija o sobre el cual descansa la otra mano.	Requiere práctica y también una localización fija

EJEMPLO: Alcanzar la palanca de cambio de velocidades de un automóvil.

B. Alcanzar un objeto fácilmente asible, aislado, cuya localización puede variar ligeramente de un ciclo a otro.	La localización del objeto es aproximada. Si el objeto es pequeño, se considera el caso D.
--	--

EJEMPLO: Alcanzar borrador sobre el pupitre, lápiz en el bolsillo.

C. Alcanzar un objeto agrupado con otros. Aplica tanto a objetos similares como disímiles.

EJEMPLO: Partes de un recipiente, clips sobre la mesa.

D. Alcanzar un objeto aislado, muy pequeño o que requiere un agarre con precisión, cuya localización puede variar ligeramente de un ciclo a otro. La localización del objeto es aproximada. Si el objeto es muy pequeño se considera el caso D.

EJEMPLO: Alfiler de cabeza, moneda, fósforo de madera, llave inglesa, hoja de papel, (todos sobre superficies planas); parte con bordes filosos.

E. Mover el brazo hacia una posición indefinida para balancear el cuerpo.

MOVER (M)

Definición: Movimiento empleado cuando el propósito predominante es transportar un objeto a un sitio determinado.

Comienza: Cuando empieza el movimiento.

Termina: Cuando el objeto está aproximadamente a 2,54 cm. del objetivo.

Variables que influyen: (1) Longitud del Movimiento
(2) Caso. (3) Peso del objeto.

Selección del caso de Mover.

Caso	Explicación
A. Mover un objeto hacia la otra mano o contra un tope.	

EJEMPLO: Cerrar la puerta, martillar (carrera descendente).

B. Mover un objeto hacia una posición aproximada o indefinida.	El único requisito es que el objeto va a ser dejado en una localización general.
--	--

EJEMPLO: Mover un objeto hacia un recipiente, martillar (carrera ascendente)

C. Mover un objeto hacia una localización exacta. Siempre precede al elemento M.T.M. Posicionar.

EJEMPLO: Mover un hilo hacia el ojo de una aguja. Mover la tapa hacia la pluma.

COGER (G)

Definición: Movimiento empleado cuando el propósito predominante es obtener suficiente control sobre un objeto, con los dedos, para permitir la ejecución del siguiente movimiento.

Comienza: Cuando finaliza el Alcanzar.

Termina: Cuando se obtiene el control sobre el objeto.

Variables que influyen: Tipo de agarre.

Selección del tipo de Agarre.

Caso

G1A. Agarre simple de un objeto aislado

Explicación

Incluye objetos medianos o grandes, agarrados por el simple cierre de los dedos.

EJEMPLO: Agarrar: Borrador, tenedor, perilla de puerta, pluma en el bósilo.

G1B. Agarre con deslizamiento o con prendimiento.

Objetos muy pequeños (menos de 0,32 x 0,32 cm de área seccional), u objetos muy delgados, ambos sobre superficies planas.

EJEMPLO: Protector de borrador, hoja de papel, página de un libro (todos con deslizamiento). Alfiler de cabeza (con prendimiento), clavo.

G2. Reagarrar

Cambio de posición de los dedos.

EJEMPLO: Cambio de posición del lápiz en los dedos, antes de escribir.

G3. Agarre por transferencia.

Transferir un objeto de una a otra mano.

G4. Objetos agrupados con otros.

Aplica a objetos similares o disímiles. No cubre el tiempo para separar partes unidas.

EJEMPLO: Coger partes contenidas en un recipiente.

G5. Agarre por contacto

Se obtiene el control simplemente tocando el objeto.

EJEMPLO: Tocar un libro para deslizarlo por una mesa, tocar un interruptor de luz.

GIRAR (T)

Definición: Movimiento empleado para girar la mano, vacía o cargada, por una rotación de la mano, la muñeca y el antebrazo, alrededor del eje mayor del antebrazo.

Comienza: Cuando empieza el movimiento.

Termina: Cuando cesa el movimiento.

Variables que influyen: Grados que rota el antebrazo alrededor de su eje mayor.

Si no hay rotación del antebrazo alrededor de su eje mayor, no hay giro incluido. La rotación de un objeto, tal como una manivela, no es necesariamente un giro; puede ser, más comúnmente, una serie de cortos alcanzar y mover.

DEJAR (RL)

Definición: Movimiento empleado para cesar de ejercer control sobre un objeto con los dedos.

Comienza: Cuando comienzan a separarse los dedos.

Termina: Cuando los dedos están lo suficientemente lejos del objeto para permitir el comienzo del próximo movimiento.

Variables que influyen: Tipo de "Dejar".

Selección del Tipo de Dejar.

Caso

RL1 Dejar normal, realizando abriendo los dedos.

Explicación

EJEMPLO: Quitar los dedos de una pluma, después de colocarla en el bolsillo.

RL2 Dejar por contacto

Ocorre después de un movimiento de deslizamiento o empuje.

EJEMPLO: Quitar los dedos después de deslizar un libro sobre una mesa.

APLICAR PRESION (AP)

Definición: Acción empleada para ejercer la fuerza adicional necesaria para vencer la resistencia al realizar un movimiento o un giro.

Variables que influyen: Tipo de "Aplicar Presión".

Selección del Tipo de Aplicar Presión.

Caso

AP1 Aplicar presión con reagarre.

Explicación

Hay un reagarre, o reajuste de los músculos, seguido por una notable aplicación de fuerza.

EJEMPLO: Ajustar tuerca de rueda de automóvil. Ajustar una grúa válvula.

AP2 Aplicar presión simple

No es necesario reagarre o reajuste de los músculos. Tiene lugar inmediatamente después de completar el movimiento previo.

EJEMPLO: Tocar timbre de puerta (tiene lugar inmediatamente después del agarre por contacto). Ajustar un corcho a una botella.

POSICIONAR (P)

Definición: Elemento básico empleado para alinear, orientar y montar un objeto con otro.

Comienza: Cuando el objeto está aproximadamente a 2,54 cm del objetivo.

Termina: Cuando las partes están ensambladas hasta 2,54 cm de profundidad.

Variables que influyen: (1) Clase de fijación. (2) Simetría. (3) Dificultad de manejo.

Selección del Tipo de Fijación

Clase de Fijación

Explicación

Cuando la diferencia en tamaño entre el "Macho" y la "Hembra" es mayor de 1,27 cm. no se requieren movimientos de "posicionar".

EJEMPLO: Colocar una parte (pequeña) en cualquier sitio de un recipiente muy grande.

P1 Fijación Holgada, no requiere presión.

Diferencia en tamaño entre el Macho y la Hembra es de 1,27 cm. o menos. No se requiere presión durante el montaje.

P2 Fijación Ajustada. Requiere ligera presión o alineación y orientación cuidadosa.

Se usa cuando se requiere orientación o alineación cuidadosa, aún si no se requiere presión. Si hay dudas respecto al tipo de fijación use P2.

EJEMPLO: Colocar tuerca en tornillo, llave en Switchera.

P3 Fijación exacta, se requiere gran presión.

Roce considerable durante el montaje. Se encuentra raramente.

EJEMPLO: Introducir corcho en botella de vino.

Selección del Caso de Simetría**Caso**

S. Simétrico

Explicación

El macho puede posicionarse en la Hembra de un número infinito de maneras alrededor del eje. No es necesaria rotación.

EJEMPLO: Clavija cilíndrica en agujero cilíndrico.

SS. Semisimétrico

El Macho puede posicionarse en el hueco de un limitado (pero mayor que 1) número de maneras alrededor del eje. Se requiere alguna rotación.

EJEMPLO: Macho cuadrado en hueco cuadrado. Macho octogonal en hueco octogonal.

N.S. No simétrico

El macho puede posicionarse en el hueco de una sola manera.

EJEMPLO: Llave de puerta en la cerradura.

Selección de la Dificultad de Manejo.

E. Fácil de manejar

Incluye la mayoría de los posicionar.

EJEMPLO: Tapa en pluma.

D. Difícil de manejar

Partes muy grandes o pesadas, partes flexibles o partes que deben agarrarse a más de 8 cm del punto inicial de ensamble.

EJEMPLO: Hilo en aguja.

El posicionar sirve para el movimiento de montaje hasta 30 cm. Si se necesita mayor montaje, se usarán movimientos adicionales.

NOTACION QUE UTILIZA EL SISTEMA M.T.M.

Los movimientos se describen siguiendo el orden que se da para cada caso:

ALCANZAR (R): Símbolo del movimiento. Distancia. Tipo de movimiento.

EJEMPLO: R20 A (Alcanzar un objeto situado a 20 centímetros de distancia, en una localización fija).

MOVER (M): Símbolo del movimiento. Distancia. Tipo de movimiento. Peso manejado.

EJEMPLO: M 10 B (Mover un objeto hacia una posición aproximada, localizada a 10 centímetros de distancia. El objeto pesa menos de 1 kilogramo).

M 10 C 10 (Mover un objeto que pesa 10 kilogramos hacia una localización situada exactamente a 10 centímetros).

GIRAR (T): Símbolo del movimiento, grados de giro.

EJEMPLO: T 45° (Girar la mano vacía un ángulo de 45°).

APLICAR PRESION (A.P): Símbolo del movimiento. Tipo de movimiento.

EJEMPLO: A P 1 (Aplicar presión, Caso 1).

COGER (G): Símbolo del movimiento. Tipo de movimiento.

EJEMPLO: G 1 A (Coger un objeto fácil de asir).

POSICIONAR (P): Símbolo del movimiento, clase de Fijación, tipo de Simetría, Dificultad de Manejo.

EJEMPLO: P 1 S E (Posicionar, fijación holgada, objeto simétrico y fácil de manejar).

P3 NS D (Posicionar, fijación Ajustada, objeto no simétrico, difícil de manejar).

DEJAR (R.L.): Símbolo del movimiento. Tipo de movimiento.

EJEMPLO: R L 1 (Dejar normal).

DESMONTAR (D): Símbolo del movimiento. Clase de Fijación. Dificultad de manejo.

EJEMPLO: D 1 E (Desmontar con poco esfuerzo, un objeto fácil de manejar).

Las distancias se miden en centímetros, aproximándose al valor más cercano que aparezca en la tabla.

TABLA I
ALCANZAR (R)

DISTANCIA MOVIDA en centímetros	Tiempo			T.M.U. E	Mano en Movimiento	
	A	B	C ó D		A	B
2 ó menos	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6
2.5	2.5	2.5	3.6	2.4	2.3	2.3
5.0	4.0	4.0	5.9	3.8	3.5	2.7
7.5	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6
10.0	6.1	6.4	8.4	6.8	4.9	4.3
12.5	6.5	7.8	9.4	7.4	5.3	5.0
15.0	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7
17.5	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5
20.0	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2
22.5	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.9
25.0	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6
30.0	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1
35.0	10.5	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5
40.0	11.4	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9
45.0	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4
50.0	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.8
55.0	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3
60.0	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8
65.0	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2
70.0	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7
75.0	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2

CASO**DESCRIPCION**

- A Alcanzar un objeto situado en una localización fija, o sobre el cual descansa la otra mano.
- B Alcanzar un objeto fácilmente asible, aislado, cuya localización puede variar ligeramente de un ciclo a otro.
- C Alcanzar un objeto agrupado con otros.

- D Alcanzar un objeto aislado, muy pequeño o que requiere un agarre con precisión, cuya localización puede variar ligeramente de un ciclo a otro.
- E Mover el brazo hacia una posición indefinida, para balancear el cuerpo.

TABLA II
MOVER (M)

Distancia movi- da en centíme- tros	Tiempo (T.M.U.)			Mano en mov.	TOLERANCIA POR PESO		
	A	B	C		Peso kgs. hasta	factor	constante
2 ó menos	2.0	2.0	2.0	1.7	1.0	1	0
2.5	2.5	2.9	3.4	2.3			
5.0	3.6	4.6	5.2	2.9	3.4	1.06	2.2
7.5	4.9	5.7	6.7	3.6			
10.0	6.1	6.9	8.0	4.3	5.7	1.11	3.9
12.5	7.3	8.0	9.2	5.0			
15.0	8.1	8.9	10.3	5.7	8.0	1.17	5.6
17.5	8.9	9.7	11.1	6.5			
20.0	9.7	10.6	11.8	7.2			
22.5	10.5	11.5	12.7	7.9	10	1.22	7.4
25.0	11.3	12.2	13.5	8.6			
30.0	12.9	13.4	15.2	10.0	12.5	1.28	9.1
35.0	14.4	14.6	16.9	11.4			
40.0	16.0	15.8	18.7	12.8	14.8	1.33	10.8
45.0	17.6	17.0	20.4	14.2			
50.0	19.2	18.2	22.1	15.6	17.0	1.39	12.5
55.0	20.8	19.4	23.8	17.0			
60.0	22.4	20.6	25.5	18.4	19.0	1.44	14.3
65.0	24.0	21.8	27.3	19.8			
70.0	25.5	23.1	29.0	21.1	21.6	1.50	16.0
75.0	27.1	24.3	30.7	22.7			

CASO

DESCRIPCION

- A Mover un objeto hacia la otra mano o contra un tope.
 B Mover un objeto hacia una posición aproximada o indefinida.
 C Mover un objeto hasta una localización exacta.

TABLA III

GIRAR Y APLICAR PRESION (T y AP)

Tiempo por grados girados (T.M.U.)

PESO	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño											
0 a 0,94 Kgs.	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
Mediano											
0.95 a 4.5	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Grande											
4.6 a 15.8											
kgs.	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

Aplicar presión caso 1 ----- 16.2 T.M.U.

Aplicar presión caso 2 ----- 10.6 T.M.U.

TABLA IV
COGER (G)

Tiempo		Descripción
Caso T.M.U		
1A	2.0	Prendimiento, objetos pequeños, medianos o grandes, fácilmente asibles.
1B	3.5	Objetos muy pequeños colocados sobre una superficie plana
1C1	7,3	Interferencia para el agarre por el extremo y por un lado, de objetos semicilíndricos. Diámetro mayor de 1,27 cm.
1C2	8.7	Interferencia para el agarre por el extremo y por un lado, objetos semicilíndricos. Diámetro entre 0,64 x 1,27 cm.
1C3	10.8	Interferencia para el agarre por el extremo y por un lado, de objetos semicilíndricos. Diámetro menor de 0,64 cm.
2	5.6	Reagarrar.
3	5.6	Transferencia.
4A	7.3	Objetos agrupados con otros de tal manera que ocurre un buscar y un seleccionar. de 2.5 x 2.5 x 2.5 cm.
4B	9.1	Objetos agrupados con otros de tal manera que ocurre un Buscar y un Seleccionar. 0,64 x 0,32 a 2,5 x 2,5 x 2,5 cm.
4C	12.9	Objetos agrupados con otros de tal manera que ocurre un Buscar y un Seleccionar menores de 0,64 x 0,64 x 0,32 cm.

5 0 Agarre por contacto o por deslizamiento.

TABLA V
POSICIONAR (P)

Clase de Fijación	Simetría	Fácil de Manejar (E)	Difícil de Manejar (D)
1. Floja. No requiere presión.	S	5.6	11.2
	SS	9.1	14.7
	NS	10.4	16.0
2. Semiholgada. Se requiere presión ligera.	S	1	21.8
	SS	19.7	25.3
	NS	21.0	26.6
3. Ajustada. Se requiere gran presión.	S	43.0	48.6
	SS	46.5	52.1
	NS	47.8	53.4

TABLA VI
DEJAR (RL)

Caso	Tiempo (TMU)	Descripción
1	2.0	Dejar normal abriendo los dedos.
2	0	Dejar por contacto.

TABLA VII
DESMONTAR (D)

Clase fijación	Fácil de manejar (E)	Difícil de manejar (D)
1. Floja. Muy poco esfuerzo.	4.0	5.7
2. Semi-holgada. Esfuerzo normal.	7.5	11.8
3. Ajustada. Esfuerzo considerable.	22.9	34.7

TABLA VIII
MOVIMIENTO DE LOS OJOS Y ENFOQUE VISUAL (ET y EF)

Tiempo de movimiento de los ojos = $15.2 \times \frac{T}{D}$ TMU
con un valor máximo de 20 TMU.

T = Distancia entre los puntos inicial y final.

D = Distancia perpendicular desde el ojo a la línea de recorrido.

Tiempo de enfoque = 7.3 TMU

TABLA IX
MOVIMIENTOS DEL CUERPO, PIERNA Y PIE

DESCRIPCION	SIMBOLO	DISTANCIA	TIEMPO T.M.U.
Movimiento del pie articulado en el tobillo	FM	Hasta 10 cm	8.5
Con gran presión	FMP	Hasta 15 cm	19.1
Movimiento de la pierna o del músculo.	LM	p/c 2,5 cm adicionales	7.1 1.2
Paso a un lado: <u>Caso 1.</u> Se termina cuando la pierna toca el suelo	SS-01	menos 30 cm	Use el tiempo de alcanzar o Mover. 17.0
<u>Caso 2.</u> La pierna debe tocar el suelo antes de poder realizar el próximo movimiento.	SS-02	30cm p/c 2,5 adicionales	34.1 1.1
Doblarse, inclinarse o arrodillarse sobre una rodilla	B,S KOK		29.0
Levantarse	AB, As AKOK		31.9
Arrodillarse sobre el piso	KBK		69.4
Levantarse	AKBK		76.7
Sentarse	SIT		34.7
Levantarse habiendo estado sentado	STD		43.4
Girar el cuerpo de 45 a 90° <u>Caso 1.</u> Completo, cuando la pierna toca el suelo	TBC1		18.6
<u>Caso 2.</u> La otra pierna debe tocar el suelo	TBC2		37.2
Caminar	W-PT	Por cada 30 cm	5.3
Caminar	W-P		15.0

TABLA X
MOVIMIENTOS SIMULTANEOS

Alcanzar	Mover	Coger	Posicionar	Desmontar		
A, E B C, D	A B M B C	GA1 G2 G5 G1B G1C G4	PIS P2S P1SS P2SS P2NS	D1E D2	Caso	Movimiento
	W O W O W D W O	W O W O E D E D E D		E D	A, E B C, D A, Bm B C	Alcanzar Mover
					GA, G2, G5 G1B, G1C G4 P1S P1SS, P2S P1NS, P2SS, P2NS	Agarrar Posicionar
					D1E, D1D D2	Desmontar

☐ Fácil de realizar simultáneamente

☒ Puede realizarse simultáneamente con práctica

☒ Difícil de realizar simultáneamente aún después de mucha práctica. Súmese ambos tiempos.

Movimientos no incluidos en la Tabla anterior:

Girar: Normalmente fácil con todos los movimientos. Excepto cuando el giro es controlado o con desmontar.

Aplicar presión: Puede ser fácil, requerir práctica o ser difícil. Cada caso debe ser analizado.

Posicionar - Caso 3: Siempre difícil

Desmontar - Caso 3: Normalmente difícil

Dejar: Siempre fácil

Desmontar: Cualquier clase puede ser difícil si se requiere cuidado para evitar daños al objeto o lesiones a la persona.

W = Dentro del área normal de visión

O = Fuera del área normal de visión

E = Fácil de manejar

D = Difícil de manejar.

COMO USAR LAS TABLAS DEL M.T.M.

En las tablas podemos encontrar el tiempo, en T.M.U. (1 TMU = 0,00001 horas) de ejecución de cualquier movimiento manual. Primero vamos a la tabla relativa al movimiento realizado. Explicaremos las tablas más notables, ya que las otras se describen por sí mismas.

TABLA DE ALCANZAR: Se localiza la distancia; y la intersección de la horizontal trazada a través de este valor con la columna correspondiente al tipo de movimiento, proporciona el tiempo de ejecución. Si la mano está en movimiento, es decir, no se parte del reposo, el tiempo es menor para los casos A y B. Por lo tanto habrá que buscar en las columnas "Mano en Movimiento".

Ejemplo: R5A; Tiempo 4×10^{-5} horas

TABLA DE MOVER: Se localiza la distancia; y la intersección de la horizontal trazada a través de este valor con la columna correspondiente al tipo de movimiento proporciona el tiempo de ejecución. Si la mano esta en movimiento se procede igual que en el caso anterior.

Luego se procede a hacer el ajuste por peso. Vamos a la sección de la tabla que corresponde a Tolerancia por Peso y encontramos un Factor y una Constante. El tiempo de ejecución del movimiento vendrá dado por:

$$T = (T.M.U.) \times \text{FACTOR} + \text{CONSTANTE}$$

Ejemplos:

- a. Encontrar el tiempo de ejecución de los movimientos siguientes: M20C10

Tiempo para M 20 C = 11.8 (T.M.U.)

Factor para 10 Kgs. = 1,22

Constante para 10 Kgs. = 7,4

$$T = 11.8 \times 1,22 + 7,4 = 21,80 \times 10^{-5} \text{ horas}$$

- b. P 2 N S E

1. Buscar tabla de Posicionar

2. Encontrar fila de Fijación Semi-Holgada (Nº2)

3. Buscar Simetría (no simétrico)

4. Buscar Dificultad de Manejo (fácil de manejar)

$$\text{TIEMPO} = 21 \times 10^{-5} \text{ horas}$$

- c. M 4 0 B 7

1. Buscar tabla de Mover

2. Localizar Distancia (40 cm)

3. Encontrar intersección con columna B

4. Encontrar tiempo = 15.8 T.M.U.

5. Ir a sección Tolerancia por Peso

6. Encontrar fila correspondiente al peso (hasta 8 Kgs.)

7. Ajustar el tiempo

$$T = 15.8 \times 1.17 + 5.6 = 24 \times 10^{-5} \text{ horas}$$

Tabla de Movimientos Simultáneos

Esta tabla sirve para determinar la posibilidad de ejecutar sendos movimientos con las manos simultáneamente. A ella entramos por uno de sus lados con uno de los movimientos y por el otro lado con el otro movimiento. La intersección de las dos rectas indicará si puede o no ser realizado simultáneamente. Si los movimientos pueden ser realizados simultáneamente y los tiempos de los 2 movimientos difieren, el tiempo escogido será entonces el mayor, pues la situación que ocurre es la siguiente:

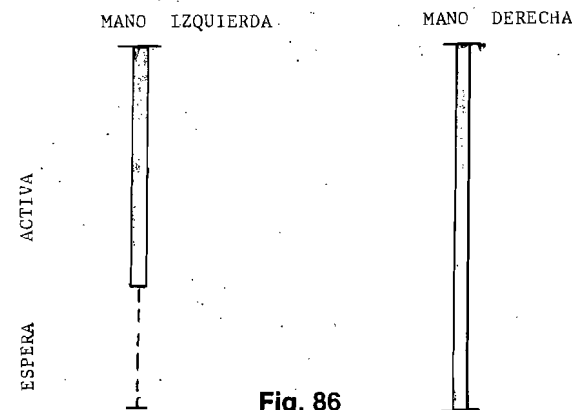


Fig. 86

Aunque los 2 movimientos se efectúan simultáneamente, como la izquierda hace un movimiento que se tarda menos, tendrá que permanecer en ocio durante un tiempo esperando a que la mano derecha termine su movimiento.

Si los movimientos no pueden ser realizados simultáneamente ocurrirá lo siguiente:

MANO IZQUIERDA



MANO DERECHA



Fig. 87

El tiempo escogido deberá ser entonces igual a la suma de los dos tiempos, pues cuando una mano trabaja la otra no puede hacerlo

EJEMPLO:

MANO IZQUIERDA			MANO DERECHA	
ID	DESCRIPCION	TIEMPO	TIEMPO ESC	DESCRIPCION
P 2 N S E		21.0	33.9	G 4 C

La intersección en un cuadro negro indica que los dos movimientos son difíciles de realizar simultáneamente y por lo tanto sus tiempos deben sumarse.

PASOS PARA LA DETERMINACION DE TIEMPOS DE EJECUCION MEDIANTE M.T.M CUANDO SE USAN AMBAS MANOS

Si se va a determinar mediante el sistema M.T.M., el tiempo de ejecución de una operación en la cual se usan las dos manos, procederemos de la manera siguiente:

1. Hacer un diagrama Mano Derecha - Mano Izquierda de la actividad, pero los elementos en los cuales se divida ésta deben corresponder a las definiciones de movimientos Básicos del M.T.M.
2. Describir cada elemento usando la simbología del Método.
3. Ir a las Tablas de Movimientos Básicos para buscar el tiempo de ejecución de cada elemento.
4. Con cada par de movimientos simultáneos ir a la Tabla de Movimientos Simultáneos para averiguar si pueden o no hacerse.
5. Si los movimientos pueden realizarse fácilmente (☐) se escoge el tiempo mayor.
 - Si pueden realizarse simultáneamente con práctica (☒) se escoge el tiempo mayor.
 - Si es difícil realizarlos simultáneamente aún después de mucha práctica (☐) se suman ambos tiempos.
6. El tiempo total de ejecución será igual a la suma de los tiempos escogidos.

En la página siguiente se presenta un formato que puede ser utilizado para el estudio de Tiempos de una operación mediante el sistema M.T.M.

detener la acción. Por ejemplo, la carrera descendente cuando se martilla,

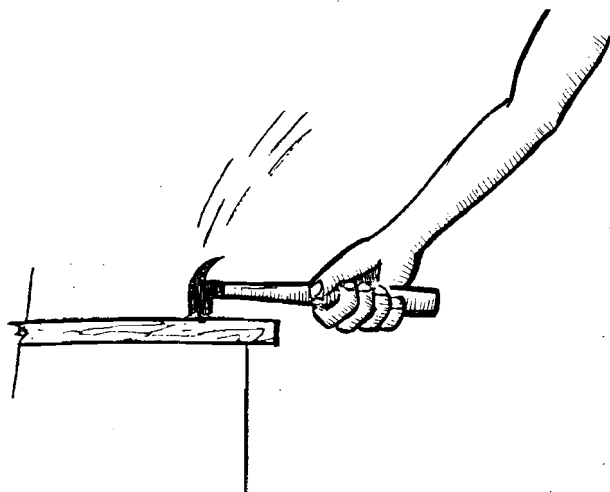


FIGURA 89

Movimiento Clase A

Los movimientos clase B, son aquellos detenidos usando únicamente la acción muscular. Por ejemplo, el movimiento empleado para borrar un pizarrón, la carrera ascendente cuando se martilla.

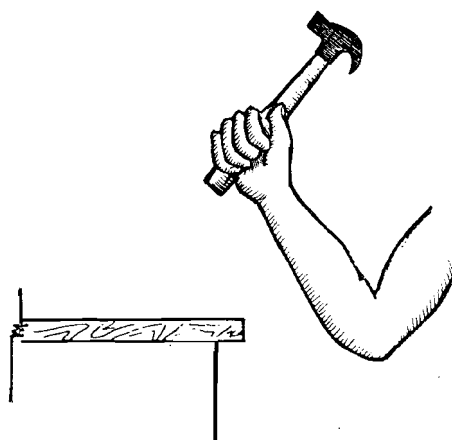


FIGURA 90

Movimiento Clase B

Los movimientos clase C, son los que se detienen también por acción muscular, pero para desacelerar el brazo antes de ejecutar un agarre o colocación de un objeto. Por ejemplo: alcanzar una palanca de una máquina y agarrarla, colocar hojas de papel sobre un escritorio, alcanzar un lápiz situado en la otra mano y agarrarlo.

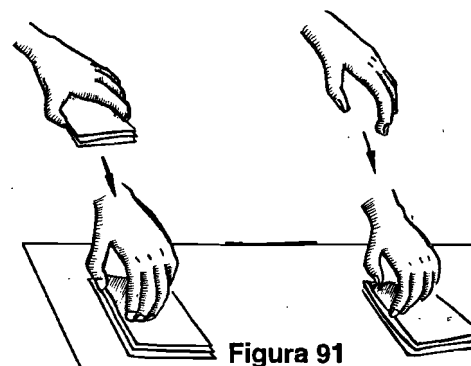


Figura 91

El tiempo necesario para realizar los movimientos de las clases B y C (los que requieren de control muscular para detener la acción) está influenciado por el tipo de control visual exigido para poder completar el movimiento.

Siempre que sean necesarios los ojos para dirigir el movimiento y que los mismos no puedan estar enfocados en el punto final antes de que comience el movimiento, se incrementa el tiempo de realización. Los movimientos de este tipo se conocen como visualmente dirigidos y se identifican como BV y CV.

El B.M.T. no hace distinción entre los tiempos para realizar un Alcanzar Básico (transporte vacío) y un Mover Básico (transporte cargado). El efecto del peso del objeto siendo cargado se provee en la forma de una tolerancia que se agrega al tiempo básico.

Factores Variables

El tiempo para realizar cada uno de los elementos básicos está influenciado por uno o más de los siguientes factores variables: Distancia, Fuerza, Precisión, Giros y Movimientos Simultáneos.

- Distancia. Existe una relación directa entre la Distancia a través de la cual se realiza el movimiento y el tiempo para realizarlo. La Distancia se expresa en centímetros, aproximando al valor más cercano en la tabla.

- b) Fuerza. Este factor se introduce para considerar el peso o resistencia. La cantidad de factor Fuerza que se adiciona por manejar un peso dado dependerá de la magnitud del peso, de la distancia y del método usado. Por ejemplo: para levantar un objeto situado en una mesa, se usa una vez el factor fuerza.

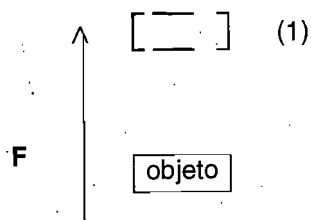


Figura 92

Si lo levantamos y lo transportamos a una cierta distancia, aplicaremos dos veces el factor Fuerza.

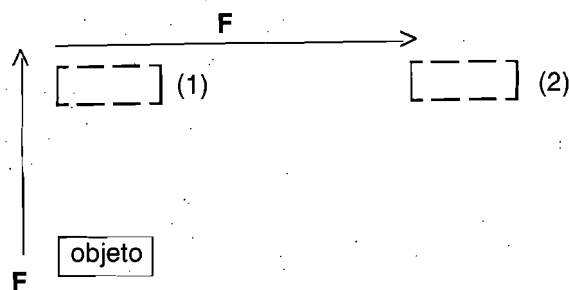


Figura 93

Si lo levantamos, lo transportamos y lo colocamos sobre el nuevo sitio, aplicaremos tres veces el factor Fuerza.

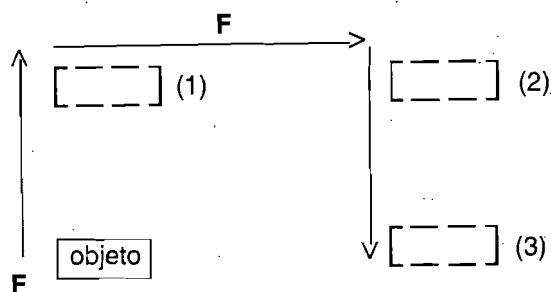
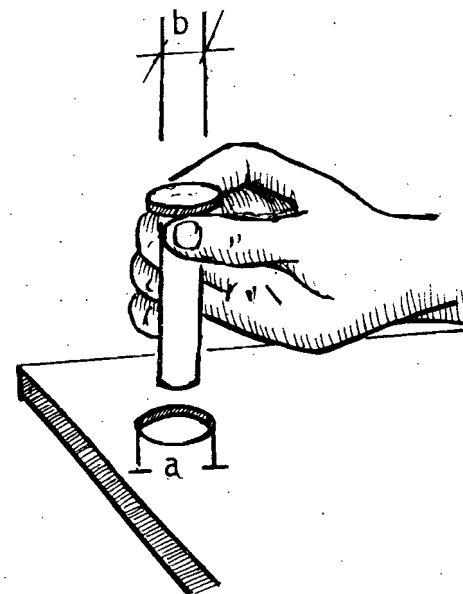


Figura 94

- c) Precisión. Se define como el cuidado extra requerido cuando los movimientos que usan control muscular en la acción de parada se realizan dentro de ciertos límites. Por ejemplo, cuando se monta un "Macho" con una "Hembra".

FIGURA 95
PRECISION: a-b

- d) Giros. Se refiere a los giros de la mano y el antebrazo alrededor del eje mayor del antebrazo. La influencia de la distancia se expresa en grados.

Movimientos simultáneos de los brazos

El B.M.T. provee una tolerancia para los movimientos de los brazos que se realizan en forma separada pero simultánea cuando cada brazo requiere de dirección visual. La tolerancia sirve para compensar el que una mano tenga que desacelerar o pararse antes de su destino final mientras los ojos dirigen la otra mano a su destino.

La cantidad de tolerancia depende del grado de precisión en las acciones finales y de la distancia que separa los dos puntos finales.

Por ejemplo, cuando introducimos dos clavijas en sendos agujeros de un clavijero.

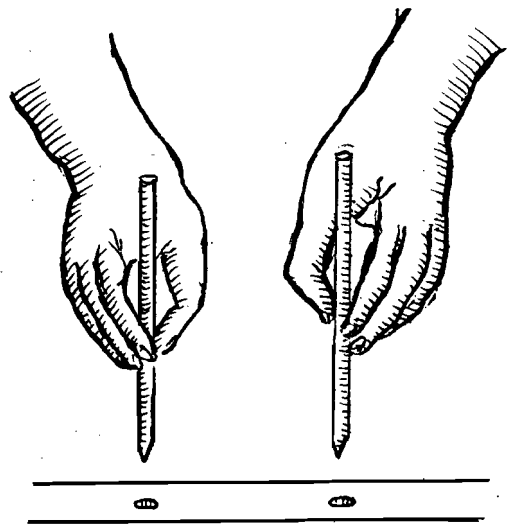


FIGURA 96
MOVIMIENTOS SIMULTANEOS

NOTACION QUE UTILIZA EL SISTEMA B.M.T.

Los movimientos se describen siguiendo el orden que se da para cada caso:

Alcanzar (R): Símbolo del movimiento, Distancia y Tipo de movimiento.

Ejemplo: R5C (Alcanzar objeto situado a 5 centímetros y cogerlo).

Mover: (M). Símbolo del movimiento, distancia y tipo de movimiento.

Ejemplo: M10A (mover un objeto contra un tope, a través de 10 centímetros).

Fuerza: (F) Se indica el número de veces que se aplica dicho factor, el símbolo de Fuerza y la magnitud del peso que se mueve.

Ejemplo: Mover un peso de 1 Kg. que ya está en la mano a través de 10 centímetros y dejarlo caer:

M 10 B

1 F 1

Coger de una mesa un peso de 1 Kg, moverlo a través de 10 centímetros y dejarlo caer:

M10B

2 F 1

Coger de una mesa un peso de 1 kg, moverlo a través de 10 centímetros y colocarlo nuevamente sobre la mesa:

M10C

3 F 1

Precisión (P). Se indica el símbolo de la Precisión, y la Tolerancia:

Ejemplo: Un movimiento que finaliza con el agarre de un objeto situado a 10 centímetros cuando los límites dentro de los cuales pueden completar los dedos la acción son de 0,32 centímetros.

R10C

P 0,32

Giros; (T) Se indica el símbolo del movimiento, el tipo de movimiento y los grados girados.

Ejemplo: TB30

Movimientos Simultáneos (SIMO) Se indica el símbolo y distancia entre los puntos finales de completación de los movimientos.

Ejemplo: Movimiento simultáneo a través de 10 centímetros, para introducir en un clavijero dos clavijas a una distancia de separación de 25 centímetros, cuando la tolerancia es de 0,64 cms.

M10CV

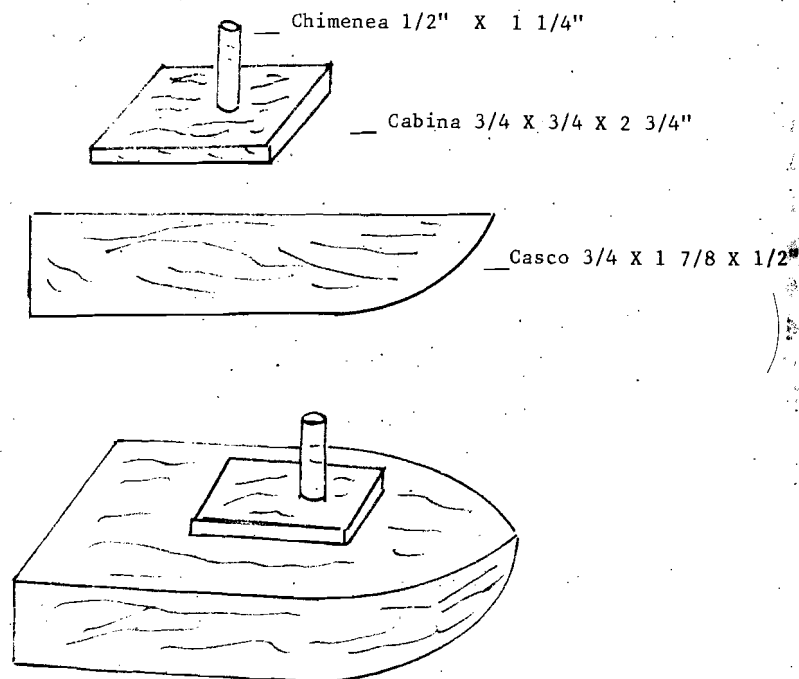
P 0,64

SIMO 25

PROBLEMA

La Compañía juguetera ABC planea manufacturar 15.000 botes de juguete. Los botes se hacen de madera y están pintados de rojo. Como Ingeniero Industrial a usted se le pide diseñar el lugar de trabajo

y los métodos para el ensamble. Los botes se ensamblan manualmente y están constituidos por las partes que se muestran en la figura. Las partes se suplen en cajas de 500 c/u. Las 2 partes del cuerpo del bote se mantienen juntas por medio del pasador o chimenea. Para insertar la chimenea se requiere una fuerza de 4 kilogramos. Una vez ensamblado el bote se procede a pintarlo. El acabado de pintura hace el ensamble permanente. (no diseñe los procedimientos de pintado, sólo los de ensamble). También es importante conocer con antelación los costos de mano de obra, de tal manera que pueda establecerse el precio de venta para el bote de juguete. En pasadas ocasiones se ha utilizado favorablemente el sistema M. T.M. para estos propósitos. El costo de un operario para esta tarea es de 80 Bs/hora, incluyendo todos los beneficios. La compañía considera justo añadir un 15% de Tolerancias por Demoras Inevitables, Necesidades Personales, Fatiga, etc. Haga el Registro Normalizado del Método Propuesto (diseño del lugar de trabajo, Diagrama del Operador, etc). Determine el costo de ensamblaje (VER FIGURA 97).



BOTE DE JUGUETE
Figura 97

VALORES DE B.M.T
(Expresados en 0,0001 minutos)

ALCANZAR O MOVER
(Centímetros)

Tipo de Mov:	1,27	2,5	5	7,6	10	12,7	15	18	20	23	25	30	35,5	40,6	45,7	51	56	61	66	71	76
A	27	30	36	39	42	45	47	50	52	54	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
B	32	36	42	46	49	52	55	58	60	62	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	104
BV	36	42	48	53	57	60	63	66	68	70	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109	113
C	41	48	55	60	64	68	71	74	77	79	81	86	90	94	98	102	107	111	115	119	123
CV	45	54	62	67	72	76	79	82	85	87	90	95	99	104	108	112	116	120	124	128	132

PRECISION
(Centímetros)

Tolerancia (Cm)	2,5	5	7,6	10	12,7	15	18	20	23	25	30	35,5	40,6	45,7	51	56	61	66	71	76
1,27	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0,635	13	16	18	21	23	25	27	29	31	32	36	39	42	45	48	51	53	55	57	59
0,318	33	37	41	45	48	52	55	58	60	62	67	72	76	80	83	87	91	94	98	101
0,159	60	65	69	73	76	80	83	87	90	92	98	103	107	112	115	119	123	127	131	135
0,079	90	97	102	106	110	114	117	120	123	126	131	135	139	143	147	150	153	157	161	165

MOVIMIENTOS SIMULTANEOS
Distancia de Separación-
(Centímetros)

Tolerancia (Cm)	0	5	10	15	18	25	30	35,5	40,6	45,7	51	56	61
0,635 6 más	0	10	18	27	34	41	47	54	59	65	69	74	78
0,318 6 más	0	12	21	30	37	44	51	57	63	68	73	78	82
0,159 6 más	0	15	27	37	45	53	61	68	75	80	86	91	96
0,079 6 más	0	19	34	37	58	68	77	84	90	97	103	107	111

COMO USAR LAS TABLAS DEL B.M.T.

En las tablas podemos encontrar el tiempo, en 0,0001 minutos de ejecución de cualquier movimiento.

Estas tablas se autodescriben, por lo tanto no es necesario explicar detalladamente su uso. Solamente entonces daremos un ejemplo:

EJEMPLO:

Determinar usando el B.M.T. el tiempo necesario para realizar la siguiente operación:

Tomar con ambas manos sendos objetos cuyo peso es de 1 kilogramo y colocarlos sobre un dispositivo de fijación. Los objetos están situados a 15 centímetros de distancia y hay que dirigir visualmente el movimiento. La distancia de separación entre los puntos en los cuales deben dejarse los objetos es de 18 centímetros y la tolerancia entre macho y hembra es de más de 0,635 centímetros.

- Paso 1: Vamos a la tabla de ALCANZAR

$$R15C = 71 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

- Paso 2: En la misma tabla, para MOVER

$$M15CV = 79 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

- Paso 3: Vamos a la tabla de PRECISION

$$P_{0,635} = 25 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

- Paso 4: En la tabla de FUERZA:

$$3F1 = 3 \times 2 = 6 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

- Paso 5: En la Tabla de MOVIMIENTOS SIMULTANEOS

$$SIMO 18 = 34 \times 10^{-4} \text{ minutos}$$

- Paso 6: El tiempo total será:

$$R15CV = 71 \times 10^{-4}$$

$$M15CV = 79 \times 10^{-4}$$

$$P_{0,635} = 25 \times 10^{-4}$$

$$4F_1 = 6 \times 10^{-4}$$

$$SIMO 18 = 34 \times 10^{-4}$$

TOTAL $215 \times 10^{-4} \text{ minutos} = 1,29 \text{ segundos}$

Formulas de Tiempo

Una Fórmula de Tiempo es una expresión que relaciona los factores que determinan el tiempo necesario para efectuar una operación. Es un conjunto de datos estandarizados de tiempo reducidos a su forma más simple. Esta forma más simple puede ser una Tabla o Curva o una combinación de Tablas y curvas o la ecuación algebraica más convencional.

Las Fórmulas de Tiempo nos permiten establecer un Tiempo Estándar antes del comienzo de la producción, mediante la sustitución de valores conocidos peculiares al trabajo por elementos variables.

Las Fórmulas pueden establecerse para operaciones repetitivas o no repetitivas; sin embargo, tienen particular aplicación en los trabajos no repetitivos donde resultaría impráctico establecer estándares sobre la base de un Estudio de Tiempos individual para cada trabajo.

EJEMPLO:

Se desea determinar el tiempo de ejecución de una operación. Dicho tiempo varía en función del peso y la longitud de las partes que se procesan. Por registros históricos se han obtenido las combinaciones de longitud, peso y tiempo que se dan a continuación:

Peso de la Pieza (gramos)	Longitud (cms)	Tiempo (min)
10	24	0,060
12	32	0,072
13	12	0,058
14	26	0,072
14	44	0,092
15	24	0,078
16	14	0,111
16	34	0,072
17	46	0,101
19	42	0,150
19	12	0,135
20	24	0,104
22	40	0,130

Si suponemos variaciones en peso del orden de 1 gramo y de longitud del orden de 1 centímetro, tendremos 13 posibles pesos de piezas y 35 longitudes posibles para cada peso. lo cual hace 455 combinaciones posibles. Si pretendiésemos hacer un estudio de tiempos individual para cada combinación caeríamos en una situación sumamente impráctica. Por ello es mejor tratar de establecer una relación entre el peso de la pieza; la longitud y el tiempo de ejecución de la operación a partir de los datos históricos, y luego sustituyendo los valores de longitud y peso particulares, determinar los tiempos de ejecución que le corresponden.

Las Fórmulas de Tiempo son aplicables a todo tipo de trabajo. Si se obtienen suficientes Estudios que proporcionen una muestra confiable, entonces es posible diseñar una Fórmula para un rango dado del trabajo cualquiera que sea el tipo del mismo. Es importante hacer énfasis en que la Fórmula debe aplicarse sólo a aquellos trabajos que estén dentro de los límites de la data utilizada en su desarrollo.

Ventajas de las Fórmulas de Tiempo

1. Se obtienen Estándares de tiempo consistentes.
2. Se elimina la duplicación del esfuerzo en el Estudio de Tiempos de operaciones similares.
3. Los Estándares pueden establecerse rápidamente.
4. Se puede utilizar una persona poco experimentada y poco entrenada para establecer Estándares de tiempo.
5. Se pueden obtener estimados rápidos y precisos de los costos de mano de obra antes del comienzo de la producción.

Desventajas

1. Debe tenerse cuidado en el tratamiento de las constantes. Existe la tendencia natural a tratar más elementos como constantes de los que en realidad hay. Esto puede ocasionar errores.
2. Algunas veces en el interés de obtener un Estándar en el menor tiempo posible, se utiliza una Fórmula en casos donde las variables están fuera del rango de la data utilizada para el desarrollo de la misma. Así, la Fórmula está siendo empleada donde no tiene aplicación y el valor resultante estará lejos del verdadero.

Características que debe reunir una Fórmula de Tiempo

Una Fórmula de Tiempo debe ser en primer lugar completamente confiable y en segundo lugar debe ser práctica. Para ser confiable la expresión debe proporcionar resultados precisos. Para ser precisa debe verificar los estándares usados en su desarrollo con $\pm 5\%$. Mientras mayor sea el número de Estudios disponibles, mayor es la oportunidad de obtener una Fórmula confiable. Al menos se debe disponer de 10 estudios individuales para una clase dada de trabajo, antes de intentar diseñar una Fórmula. La Fórmula proporcionará resultados tan precisos como la data usada en su derivación. Los Estudios usados y los elementos que lo comprenden deben mostrar consistencia en sus puntos finales y también en el método usado si la Fórmula va a proporcionar resultados válidos. Para que una Fórmula sea práctica debe ser clara, concisa y tan simple como sea posible. Las Fórmulas mejor comprendidas y más fácilmente aplicables son las más simples. Se debe describir las limitaciones de la Fórmula, así como también detallar su rango de aplicación.

Pasos para la construcción de una Fórmula de Tiempo

1. Determinar la clase de trabajo a estudiar y qué rango del mismo va a ser medido.
2. Recolectar la data. Obtener Estudios anteriores y Datos Estandarizados. Realizar nuevos Estudios para obtener una data lo suficientemente grande como para cubrir el rango del trabajo para el cual se necesita la Fórmula. Es importante que los elementos similares en los diferentes Estudios sean consistentes en sus puntos finales.
3. Los Estudios disponibles se usan para analizar los elementos constantes y los variables. Los constantes se combinan y los variables se analizan de tal manera que los factores que influyen sobre el tiempo puedan expresarse algebraica o gráficamente.
4. Simplificar la expresión lo más posible.
5. Desarrollar la Síntesis, en la cual se explica la derivación de la Fórmula, cómo utilizarla, limitaciones, etc.
6. Verificar la precisión.
7. Hacer el Informe Final.

El número de Estudios necesarios para construir una Fórmula dependerá de:

1. El rango del trabajo para el cual va a usarse dicha Fórmula.
2. La consistencia relativa de los factores que afectan el tiempo requerido para ejecutar los elementos variables.

Análisis de los elementos

Una vez obtenido los Estudios, los mismos deben resumirse en una Tabla. Los tiempos elementales deben compararse y determinar las razones de las variaciones. Como es de suponer, una cierta variación prevalecerá aún en los elementos constantes debido a la inconsistencia en la Calificación de Velocidad. En general, los elementos constantes no deben desviarse substancialmente y el Tiempo Normal para cada elemento constante puede determinarse promediando los valores de los diferentes Estudios.

Los elementos variables mostrarán una tendencia a variar en proporción con cierta característica del trabajo, tales como: tamaño, forma, dureza, etc. Estos factores deben estudiarse cuidadosamente para determinar cuáles factores afectan el tiempo y en qué grado. Graficando una curva de tiempo vs. la variable independiente, es posible frecuentemente deducir una expresión algebraica en términos del tiempo requerido para ejecutar el elemento.

Expresiones para los elementos variables

Si el análisis de la data revela que una característica variable gobierna el tiempo elemental, entonces el Analista debe tratar de construir una curva simple según lo ya indicado.

Si la data graficada toma la forma de una línea recta, el tiempo del elemento variable puede computarse por la expresión:

$$Y = aX + b$$

$$Y = \text{tiempo}$$

$$X = \text{variable (peso, longitud, etc.)}$$

No siempre la data graficada toma la forma de una línea recta. La misma puede aproximar un segmento de hipérbola, elipse, parábola o tomar una forma totalmente extraña a las formas geométricas comunes. En casos como éste el desarrollo de un Nomograma facilita el cómputo del tiempo requerido para realizar el elemento. Las ecuaciones de la Hipérbola, la Elipse y la Parábola complican la Fórmula haciendo su uso limitado:

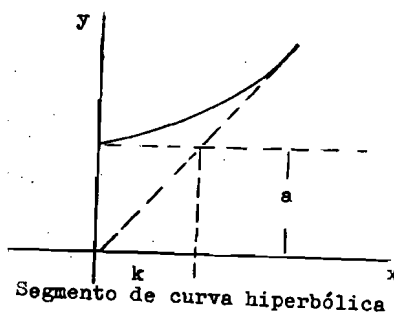


Figura 98

$$\frac{y^2}{a^2} - \frac{x^2}{k^2} = 1$$

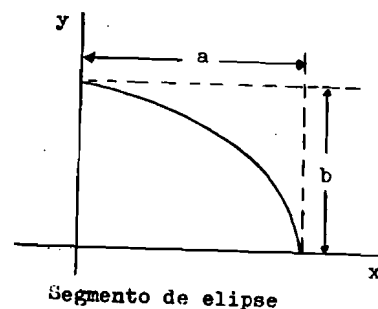


Figura 99

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

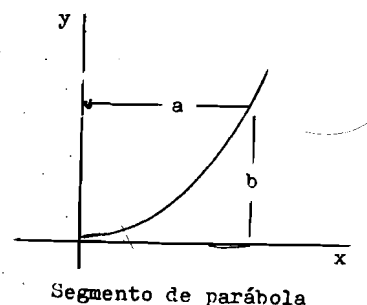


Figura 100

$$x^2 = \frac{a^2 y}{b}$$

Uso del papel logarítmico y semilogarítmico

Cuando la curva graficada en papel Milimétrico toma forma exponencial, puede graficarse en papel Logarítmico o Semilogarítmico para obtener una relación lineal. Algunas veces si este segundo gráfico aún presenta ligera curvatura, puede añadirse o sustraerse una constante a la porción curva, lo cual hará este segmento lo suficientemente recto como para permitir utilizar la forma exponencial para representar una porción, y la exponencial más una constante para la otra porción.

$$y = A x^B \quad \text{recta en papel log - log.}$$

$$\begin{aligned} y &= A B^x \\ y &= A^{Bx} \end{aligned} \quad \text{recta en papel semi-log.}$$

EJEMPLO: Establecer la Fórmula de Tiempos correspondientes a la operación "Manipulación de cilindros", de acuerdo con los siguientes datos:

- Elementos: A: Alcanzar cilindro
B: Tomar cilindro
C: Transportar cilindro
D: Colocar en caja.

Estudio	1	2	3	4	5	6
Peso (Kgs)(p)	1	2	3	2	1	4
Diámetro (cms) (Ø)	4	5	6	7	5	3
Longitud (cms) (l)	8	9	7	9	13	6

Elementos	A	20	18	19	20	21	17
(Tiempo en 0.01 min.)	B	18	20	21	23	19	16

C	81	131	181	130	79	230
D	74	61	32	36	135	73

SOLUCION:

Analizando la tabla de elementos, podemos ver lo siguiente:

El elemento A puede considerarse como constante, ya que su tiempo de ejecución no depende de ninguna de las dimensiones del cilindro. El tiempo de ejecución del elemento B varía de acuerdo con el diámetro de los cilindros. El del elemento C varía con el peso y el del

elemento D varía de acuerdo a la longitud y al diámetro. Esto podríamos expresarlo por la relación $l/\varnothing$:

Estudio	1	2	3	4	5	6
$l/\varnothing$	2	1,8	1,17	1,3	2,6	2
Tiempo	74	61	32	36	135	73

El tiempo de ejecución del elemento A será pues igual al promedio de los valores obtenidos: $T_A = 0,19$.

Los tiempos de ejecución de los otros elementos se obtendrán en forma gráfica.

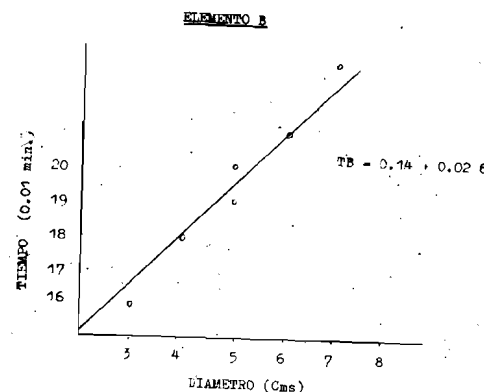


Figura 101

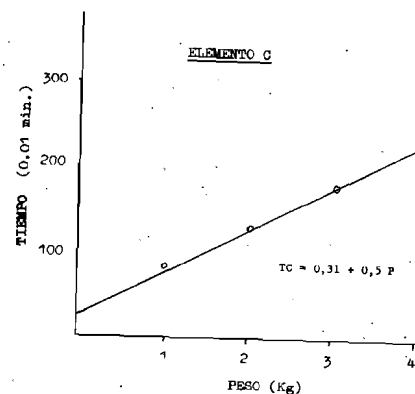


Figura 102

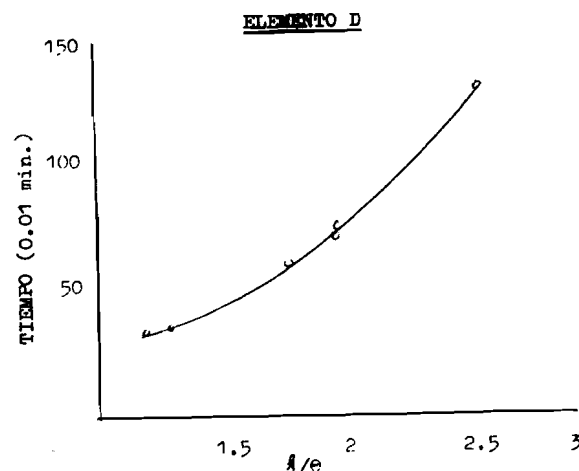


Fig. 103

Dado que no se obtuvo una recta en papel Milimétrico, se procederá a graficar en papel Semi-logarítmico.

$$TA = 0,19$$

$$TB = 0,14 + 0,02\varnothing$$

$$TC = 0,31 + 0,5P$$

$$TD = 0,1 e^{1/\varnothing}$$

$$T = TA + TB + TC + TD$$

$$T = 0,19 + 0,14 + 0,02\varnothing + 0,31 + 0,05p + 0,1e^{1/\varnothing}$$

$$T = 0,64 + 0,020 + 0,1e^{1/\varnothing} + 0,5p$$

Comprobación de la Precisión:

Estudio 1:

$$p = 1 \text{ kg}$$

$$\varnothing = 4 \text{ (cms)}$$

$$l = 8 \text{ (cms)}$$

$$T = ?$$

$$T = 0,64 + 0,02 \times 4 + 0,1 e^2 + 0,5 \times 1$$

$$T = 0,64 + 0,08 + 0,05 + 0,1e^2$$

$$T = 0,64 + 0,08 + 0,5 + 0,74 = 1,96 \text{ minutos}$$

El tiempo obtenido de la tabla de elementos para el Estudio 1 es:

$$0,20 + 0,18 + 0,81 + 0,74 = 1,93 \text{ minutos.}$$

El valor obtenido está dentro del +5% de 1,93% por lo tanto se considera aceptable la Fórmula.

Casos de más de una variable

Algunas veces se encuentra que dos o más características variables gobiernan el tiempo elemental. Puede ser posible combinar estas variables en una sola y luego graficar el resultado contra el tiempo. Así, el producto de longitud por diámetro dará el área; el radio al cuadrado por la longitud dará el volumen. Pero no siempre, es posible combinar variables. Por ejemplo, área y dureza, área y pendiente, etc. Se puede resolver problemas como éste gráficamente, construyendo dos gráficos. El primero mostrará la relación entre el tiempo y una de las variables, para aquellos Estudios en los cuales los valores de la otra variable tienden a permanecer constantes. El segundo gráfico mostrará la relación entre la segunda variable y el tiempo, el cual ha sido ajustado para remover la influencia de la primera variable. Ejemplo:

Estudio Nº	Ancho	Longitud	Area	Elemento 1+ elemento 3
1	2	16	32	.18
2	3	18	54	.13
3	8	1	8	.09
4	10 1/2	32	336	.14
5	7	84	588	.55
6	8 1/2	69	586	.38
7	20	30	600	.22
8	11	55	605	.26
9	10	75	750	.68
10	20 1/2	41	841	.66
11	10 1/2	90	945	1.80
12	16	64	1.025	1.44

La primera inspección parece sugerir que el tiempo para el elemento 1 + elemento 3, varía con el área de la parte manejada. Sin embargo, después de graficar se hace aparente que algo más afecta el tiempo requerido para realizar estos elementos. Un análisis posterior reveló que las piezas largas y delgadas requerían considerablemente más tiempo que las partes casi cuadradas, aún cuando sus áreas respectivas eran aproximadamente iguales. Se decidió entonces que dos

variables afectaban el tiempo: el área de la parte y la mayor dificultad requerida al manejar piezas más largas. Esto último puede ser expresado como una razón de la longitud a ancho. De los 12 Estudios tomados se notó que cuatro (n^{os} 5, 6, 7 y 8) se tomaron sobre partes que tenían un área aproximada de 600 centímetros cuadrados. Debido a que estos cuatro Estudios tenían áreas aproximadamente similares, el efecto de L/a podía mostrarse graficando una curva simple.

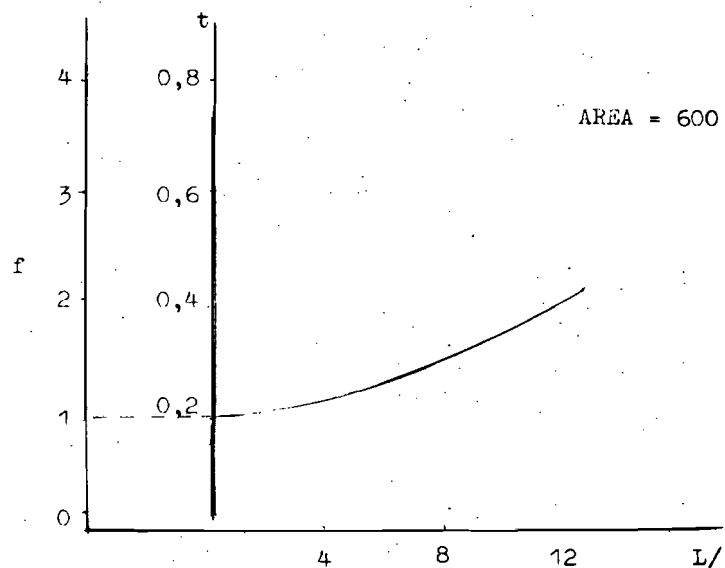


Fig. 104

Figura 104

El valor unitario del factor de ajuste (f) se obtiene prolongando el punto inferior de la curva horizontalmente hasta el eje del ajuste. Luego se construyen valores proporcionales para obtener una escala. Tomado el valor L/a de todos los Estudios podemos determinar gráficamente el valor de sus factores de ajuste. Posteriormente se determinan los tiempos ajustados dividiendo los tiempos elementales por los factores de ajuste respectivos. Los tiempos ajustados se grafican vs. el área.

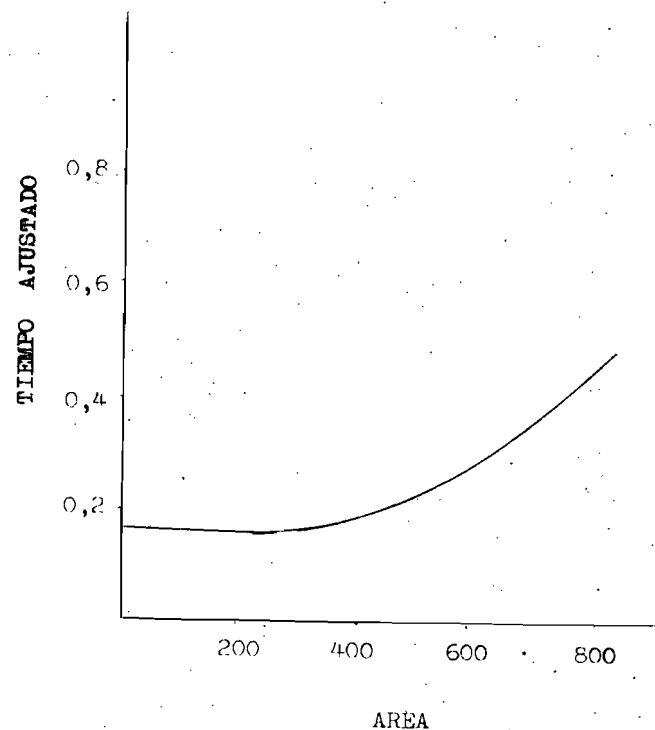


Fig. 105

El sistema de curvas desarrollado representa la solución gráfica. Primero se determina el área y la razón L/a . Con el valor L/a obtenemos el valor del factor de ajuste en la primera curva. En la 2da. curva obtenemos el valor del tiempo ajustado (con el área). El producto del tiempo ajustado y el factor de ajuste proporcionará el tiempo para los elementos 1 y 3. Extendiendo este procedimiento es posible resolver gráficamente para más de dos características variables.

La expresión final de una Fórmula puede no ser una expresión totalmente algebraica. Puede ser más conveniente expresar algunas de las variables en términos de sistemas de curvas, Nomogramas o curvas simples. Un ejemplo de una Fórmula podría ser:

$$\text{Tiempo Normal} = 0.71 + \text{Nomograma 1} + \text{curva 1} + \frac{.555N}{C}$$

G. TOLERANCIAS. EL TIEMPO ESTANDAR

El Tiempo Normal de una operación no contiene ninguna Tolerancia. Es solamente el tiempo que tardaría un operario calificado en ejecutar la tarea si trabajara a Ritmo Normal. Sin embargo, una persona necesita de cierto tiempo para atender necesidades personales, para reponer la fatiga y además existen otros factores que están fuera de su control que también consumen tiempo. Por ejemplo, cuando planeamos realizar un viaje de 800 Km no consideramos 8 horas como tiempo requerido para ir de uno a otro sitio, sabiendo que podemos ir a una velocidad promedio de 100 km/h, sino que añadimos un tiempo adicional para comer, satisfacer otras necesidades y prever algún contratiempo como un reventón.

Después de calculado el Tiempo Normal hay que tomar en cuenta esa serie de demoras e interrupciones que también forman parte del trabajo y cuya presencia incrementa el tiempo del ciclo de ejecución de la tarea. La consideración de dichos factores se hace a través de las Tolerancias.

Las Tolerancias permiten que el operario tenga tiempo para recuperarse de la Fatiga y atender Necesidades Personales, también permiten que se incluya tiempo debido a otras interrupciones no imputables al operario. De aquí, que en términos generales se consideren tres clases de Tolerancias:

Tolerancias por Necesidades Personales.

Tolerancias por Fatiga.

Tolerancias por Demoras Inevitables.

En un Estudio de Tiempos pueden asignarse Tolerancias de acuerdo con aquella porción del ciclo de trabajo sobre la cual tengan mayor incidencia. Así tendremos:

Tolerancias aplicables al Tiempo total del ciclo.

Tolerancias que deben considerarse solamente en el tiempo de maquinado.

Tolerancias aplicables solamente al tiempo de esfuerzo o trabajo del operario.

Las Tolerancias aplicables al tiempo total del ciclo se expresan usualmente como un porcentaje del tiempo del ciclo e incluyen:

Necesidades personales, limpieza de la estación de trabajo y mantenimiento de la máquina.

Las Tolerancias aplicables al tiempo de maquinado incluyen tiempo para mantenimiento de las herramientas y para cubrir variaciones de potencia. Las Tolerancias aplicables al tiempo de trabajo del operario comprenden Fatiga y Demoras Inevitables.

Estimación de las Tolerancias

Las Tolerancias deben estimarse en forma tan precisa como sea posible, o de otra manera se nulificará por completo el esfuerzo puesto al hacer el Estudio. Las Tolerancias por Demoras Inevitables y por Necesidades Personales son las que presentan menos grado de subjetividad para su determinación y comúnmente pueden estimarse mediante dos métodos:

a. El Estudio Continuo de Producción

b. El Muestreo de Trabajo

- a. El Estudio Continuo de Producción consiste en que el Analista observa el trabajo por un período considerable de tiempo y va anotando las diferentes interrupciones a medida que se van sucediendo, a la vez que determinando su duración mediante un cronómetro. Cuando tiene una muestra lo suficientemente representativa procede a calcular el porcentaje de Tolerancias aplicable para cada factor.

Este método es tedioso ya que el Analista debe permanecer durante un período largo de tiempo realizando la observación de una o más operaciones. También existe la tendencia a considerar una muestra pequeña, lo cual proporciona resultados desviados.

- b. El Muestreo de Trabajo, como ya se sabe, exige que se hagan observaciones en forma aleatoria, por lo cual se necesitan los servicios del Analista solamente en forma parcial o intermitente.

Si se ha hecho un Estudio mediante Cronometrado utilizando el Método Continuo y la duración del mismo es apreciable (varias horas), podemos utilizar algunos de los registros contenidos en la columna de "Elementos Extraños" del Formato de Estudio de Tiempos, para estimar Tolerancias.

EJEMPLO: En la Columna de Elementos Extraños del Formato de Estudio de Tiempos de un Estudio realizado aparecen los siguientes elementos:

DESCRIPCION	DURACION (Min)
Operario en el baño	10
Se rompió la herramienta de trabajo	16
Operario hablando con compañeros	04
Operario fumando	03
Operario tomando agua	02
Recibiendo instrucciones	07
Faltó energía eléctrica	03
Faltó material	05

Si el tiempo total del Estudio fue de 480 minutos, podríamos estimar tolerancias de la siguiente forma:

En el baño	10
Tomando agua	02
	12

Porcentajes de tolerancias por N.P.:

$$\frac{12}{480} = 2,50\%$$

Demoras Inevitables (D.I.)

Se rompió herramienta	16
Recibiendo instrucciones	07
Faltó energía eléctrica	03
Faltó material	05
	31

Porcentaje de Tolerancias por D.I.:

$$\frac{31}{480} = 6,4\%$$

Las interrupciones atribuibles al operario (operario hablando con compañeros, fumando), no se consideran para la estimación de Tolerancias.

Necesidades Personales

Durante una jornada de trabajo el operario necesita ir al baño, tomar agua, lavarse las manos después de haber manejado materiales extremadamente sucios, o por requerimientos de higiene antes de manejar alimentos. El tiempo necesario para atender Necesidades Personales dependerá del individuo mismo (edad, sexo, salud, etc.), de la clase de trabajo que se ejecute, y de las condiciones de trabajo (temperatura, humedad, etc.). Así, el trabajo pesado realizado en ambientes de alta temperatura requerirá de mayores Tolerancias que el realizado a temperaturas moderadas.

Por lo general se considera que un 5% de Tolerancias por Necesidades Personales es adecuado para un trabajo de taller realizado bajo condiciones típicas. Esto para la mayoría de los trabajos y para operarios de sexo masculino o femenino. Sin embargo, repetimos, este valor puede considerarse como meramente una aproximación inicial ya que cada trabajo puede requerir porcentajes de Tolerancia diferentes.

Fatiga

El término Fatiga resulta bastante difícil de definir: Muchas veces se expresa en términos de cansancio, o agotamiento. Las sensaciones de fatiga son fenómenos naturales que advierten al individuo para que descanse y se recupere. Un efecto de la fatiga es la disminución en la capacidad de realizar trabajo tanto físico como mental. La fatiga se produce debido a una desproporción entre la cantidad de trabajo efectuada y las disponibilidades para reponer el desgaste producido y a la posibilidad de eliminar sustancias producidas durante el trabajo.

La energía consumida durante un trabajo debería ser compensada mediante una Tolerancia por Fatiga, de tal manera que el individuo pueda recuperarse. Sin embargo, la medición del consumo de energía es algo complicado debido a dificultades de tipo práctico, a la presencia de Trabajo Estático el cual es difícil de reconocer, a los efectos de las condiciones ambientales, los cuales pueden ser bastante difíciles de determinar y a la presencia del cansancio mental, que también es difícil de medir.

La fatiga física es el resultado de una acumulación de productos de desecho en los músculos y en la corriente sanguínea, lo cual reduce la capacidad de los músculos para actuar. Los movimientos musculares van acompañados de reacciones químicas que necesitan alimento para sus actividades. Este alimento se suministra en forma de glucógeno,

el cual al ser conducido al torrente circulatorio se transforma en azúcar. Al contraer un músculo, el glucógeno se convierte en ácido láctico, producto de desecho que tiende a restringir la actividad muscular continuada del músculo. En la fase de recuperación de la acción muscular se utiliza el oxígeno para convertir en glucógeno la mayor parte del ácido láctico, permitiendo así que los músculos continúen moviéndose. La velocidad de recuperación depende del suministro de oxígeno y de la temperatura.

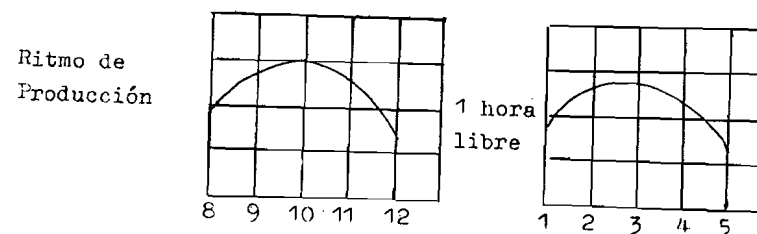


Fig. 106
Curva típica de producción para un individuo sometido a trabajo muscular muy pesado

No se puede decir definitivamente que la producción disminuye como consecuencia de la fatiga. El que una persona realice menos trabajo durante la última hora de la jornada puede ser debido a que se encuentra cansada, pero también puede deberse a pérdida de interés o preocupación personal. En la actualidad no existe una forma satisfactoria para medir la fatiga en forma objetiva; sin embargo las Tolerancias por Fatiga para distintas clases de trabajo pueden aproximarse por medios empíricos. La fatiga puede ser reducida, pero nunca puede ser eliminada. La fatiga puede ser también mental. A

pesar del gran interés mostrado por los problemas relativos a la Fatiga durante los últimos años, es poca la evidencia lograda en cuanto a la duración de los descansos requeridos por diferentes operarios realizando tipos específicos de tareas. Debido a ello la asignación de Tolerancias ha recibido críticas muy severas aduciendo su subjetividad.

La Ergonomía o Ingeniería Humana ha profundizado en el estudio de la fatiga, utilizando métodos basados en medir al aire inhalado y expirado; las pulsaciones, la medición del calor liberado, etc. Pero aún cuando se ha obtenido una cantidad considerable de datos, no se ha logrado una manera satisfactoria de calcular las Tolerancias para recuperarse de la fatiga. Un método, si bien imperfecto, para estimar en un Estudio de Tiempos las Tolerancias por Fatiga consiste en medir la disminución en producción ocurrida a través de la jornada de trabajo. Cada cuarto de hora, por ejemplo, podemos determinar la rata de producción durante un día. Cualquier disminución en la producción que no pueda atribuirse a cambios de método, Demoras Inevitables o Necesidades Personales, puede atribuirse a la fatiga. Obtenido el promedio de tiempos al comienzo y final de la jornada para obtener una producción dada, podemos calcular el "coeficiente de fatiga" como sigue:

$$f = \frac{(T - t) \times 100}{T}$$

Siendo:

f = Coeficiente de fatiga (o porcentaje de Tolerancias por fatiga).

T = Tiempo necesario para realizar la operación al final de la jornada.

t = Tiempo necesario para analizar la operación al comienzo de la jornada.

La debilidad del método anterior estriba en que no se puede concluir en forma definitiva que la producción disminuye numéricamente como consecuencia de la fatiga.

Por lo tanto la fórmula dada no pasa de ser una aproximación empírica.

METODO SISTEMATICO PARA ASIGNAR TOLERANCIAS POR FATIGA (11)

En un intento por tratar de hacer menos subjetiva la asignación de Tolerancias por Fatiga, se ha desarrollado el siguiente método de puntuación:

TABLA I

Puntos asignados para factores de fatiga

Factores:	Nivel			
	1º	2º	3º	4º
<u>Condiciones de Trabajo</u>				
1. Temperatura	5	10	15	20
2. Ventilación	5	10	20	30
3. Humedad	5	10	15	20
4. Ruidos	5	10	20	30
5. Iluminación	5	10	15	20
<u>Repetitividad</u>				
6. Duración del Trabajo	20	40	60	80
7. Repetición del ciclo	20	40	60	80
<u>Esfuerzo</u>				
8. Físico	20	40	60	80
9. Mental	10	20	30	50
<u>Posición</u>				
10. De pie, moverse sentado, altura	10	20	30	40

Tolerancias por Fatiga

Rango	%	Min	Rango	%	Min	Rango	%	Min
0-156	1%	5	220-226	11%	48	290-296	21%	83
157-163	2%	10	227-233	12%	51	297-303	22%	86
164-170	3%	14	234-240	13%	55	304-310	23%	90
171-177	4%	18	241-247	14%	59	311-317	24%	93
178-184	5%	23	248-254	15%	63	318-324	25%	96
185-191	6%	27	255-261	16%	66	325-331	26%	99
192-198	7%	31	262-268	17%	70	332-338	27%	102
199-205	8%	36	269-275	18%	73	339-345	28%	105
206-213	9%	40	276-282	19%	77	346-349	29%	111

Criterios de Temperatura

La temperatura media probable de encontrar en la tarea diaria. (Las temperaturas dadas se refieren a países de climas templados).

Nivel 1. Temperatura controlada por medios mecánicos o eléctricos para el confort del personal. Usualmente de 22 a 24 grados para personal inactivo o de oficina; 20 a 21 grados para trabajos de Planta o normalmente activos.

Nivel 2. Temperatura controlada por los requerimientos del trabajo, en donde el calor es generado por las máquinas y hornos o es requerido para el procesamiento de materiales. La temperatura varía de 24 a 29 grados en trabajos en áreas interiores y de 27 a 32 grados en exteriores donde se dispone de circulación normal de aire.

Nivel 3. Temperatura controlada por los requerimientos del trabajo, en donde el calor es generado por las máquinas u hornos o es requerido para el procesamiento de materiales. La temperatura varía por debajo de 18 grados o por sobre 27 para personal inactivo o de oficina. Por debajo de 4° o por sobre 32 grados en trabajos exteriores o donde se dispone de circulación normal de aire.

Nivel 4. Temperatura por sobre 32° donde no se distingue de circulación normal de aire. Temperatura por sobre 35° o por debajo de 2° donde se dispone de circulación normal.

Criterios de Ventilación

El suministro de oxígeno al sistema tiene un efecto considerable sobre la fatiga.

Nivel 1. Operaciones normales en exteriores o en facilidades con aire acondicionado; con el aire libre de olores.

Nivel 2. Facilidades normales de Planta u oficina sin aire acondicionado donde pueden presentarse olores casualmente. El movimiento del aire es suplido normalmente por el movimiento del personal o de máquinas. No existen filtraciones de aire.

Nivel 3. Areas extremadamente pequeñas y cerradas donde el movimiento del aire es nulo. También polvo proveniente del trabajo, sea cual sea el tipo de polvo. Humo limitado, bien sea extraño o generado por el operario.

Nivel 4. Condiciones extremadamente tóxicas. Humo y polvo. Nieblas desagradables que tienden a ser nauseabundas y perturbado-

ras desde el punto de vista mental, aunque no son peligrosas para la salud. El movimiento del aire no remueve los efectos.

Criterios de Humedad

La humedad influye en el confort del trabajador. La humedad alta usualmente causa movimientos que no forman parte de la operación, tales como falta de concentración debido a la transpiración, uso de pañuelos o movimientos con las manos para abanicarse. Estos movimientos usualmente no se realizan o no se miden cuando se realiza el Estudio de Tiempos.

Nivel 1. Nivel de humedad normal y confortable, suplido por aire acondicionado o sistemas de calentamiento. No existe atmósfera seca o húmeda (usualmente 40% a 55% de humedad relativa con 21 a 23° de temperatura).

Nivel 2. Condiciones muy secas (menos de 30% de humedad relativa). Alta humedad notoria al entrar a un sitio (60 a 85% de humedad relativa).

Nivel 3. Humedad relativa muy alta; la ropa se humedece al cabo de cierto tiempo (por sobre 80% de humedad relativa).

Nivel 4. Condiciones de gran humedad, tales como salas de vapor o exteriores bajo lluvia en donde debe usarse ropa especial.

Criterios de ruidos

El ruido causa fatiga a través del sistema nervioso.

Nivel 1. Nivel normal de ruidos experimentados en la oficina promedio o Planta industrial que produce productos livianos (variaciones entre 30 y 60 decibeles). Música intermitente puede ser escuchada y disfrutada fácilmente.

Nivel 2. Areas extremadamente quietas donde el ruido está casi ausente, tal como una biblioteca (menos de 30 decibeles). También un área donde el ruido es constante pero bastante alto como una latonería, calle de una ciudad, etc. La música podría no oírse con placer.

Nivel 3. Areas normalmente quietas con sonidos intermitentes o ruidos desconcertantes. Ruidos secos y por sobre los 90 decibeles (prensa, ribeteadora, etc.). También ruidos que no son intermitentes pero por sobre los 100 decibeles.

Nivel 4. Ruidos de alta frecuencia intermitentes o constantes.

Criterios de Iluminación

La iluminación influye directamente sobre la fatiga de los ojos, a menos que la iluminación sea tan pobre que implique la ejecución de movimientos extras de ciertas partes del cuerpo.

Nivel 1. Luz suplida por tubos fluorescentes y otra iluminación indirecta distanciadas para producir de 20 a 50 pies-luz, suficientes para la mayoría de las aplicaciones industriales y de 50 a 100 para trabajos de oficina e inspección. La ausencia del deslumbramiento es aparente.

Nivel 2. El deslumbramiento ocasional es una parte inherente al trabajo o donde se requiere iluminación especial.

Nivel 3. El deslumbramiento continuo es una parte inherente al trabajo. También trabajos que requieren el cambio continuo de áreas iluminadas a áreas oscuras (menos de 5 pies-luz). Trabajos que requieren un efecto de persiana.

Nivel 4. Trabajos en ausencia de luz o donde la visión es imposible debido a la obstrucción. Los ojos no se usan realmente. (Ej.: salón oscuro de fotografía, operario trabajando debajo de una máquina, etc.).

Criterios de Duración

La fatiga varía consistentemente con la cantidad de tiempo requerido para completar el trabajo y la obtención de la impresión de realización o completación de la tarea. Este es un factor psicológico que puede variar entre individuos pero que siempre varía de una tarea a otra.

Nivel 1. Operación o sub-operación que puede ser completada en un minuto o menos.

Nivel 2. Operación o sub-operación que puede ser completada en 15 minutos o menos.

Nivel 3. Operación o sub-operación que puede ser completada en una hora o menos.

Nivel 4. Operación o sub-operación que toma más de una hora para completar.

Criterios de repetición del ciclo

La repetición del ciclo tiene gran efecto sobre la fatiga. Las operaciones de ciclo corto, pero que se repiten muchas veces durante el día, crean una monotonía y efecto hipnótico que afecta adversamente a la productividad a medida que progresa el día.

Nivel 1. Operaciones en las cuales el operario varía su patrón o puede programar su propio trabajo. Operaciones que varían de un día a otro o donde las sub-operaciones no pueden ser realizadas diariamente.

Nivel 2. Operaciones con un patrón razonablemente fijo o las que se realizan bajo presión para su terminación. Las operaciones pueden variar de un ciclo a otro según la preferencia del operario, pero la tarea es regular.

Nivel 3. Operaciones en donde la completación periódica está programada y es regular en ocurrencia o donde la completación de movimientos o patrones de planeación son hechos al menos 10 veces al día.

Nivel 4. Operaciones en donde la completación de movimientos o patrones de planeación son hechos durante más de 10 veces al día. También operaciones pautadas por una máquina (la mayoría de las operaciones a destajo caen en esta categoría). Los operarios sufren de aburrimiento y falta de control.

Criterios de demanda física

Si bien el esfuerzo físico tiene un efecto real sobre la fatiga, si el esfuerzo es intermitente con descansos periódicos entre ciclos como parte de la tarea, este efecto disminuye. La Tabla siguiente se aplica a diferentes situaciones.

Esfuerzo manual (kgs)	Nivel Aplicable			
	Tiempo de duración del esfuerzo			
	15%	15 a 40%	40 a 70%	sobre 70
Hasta 2,27			1	1
2,27 a 11,35			1	2
11,35 a 27,34		1	2	3
sobre 27,34	1	2	3	4

Añádase un nivel a cada uno de los anteriores, con un máximo de cuatro, si la tarea es realizada en posiciones de trabajo difíciles.

Criterios de demanda mental o visual

Este factor mide el grado de fatiga mental y visual obtenida a través de la concentración y coordinación de mente y vista. Depende del volumen y complejidad del trabajo, ciclo de aplicación y facultades mentales y visuales y de la intensidad de tal aplicación.

Nivel 1. Sólomente atención mental o visual ocasional, dado que la operación es prácticamente automática o la atención se requiere sólo a intervalos distantes.

Nivel 2. Atención mental y visual frecuente, en donde el trabajo es intermitente o la operación comprende el esperar por alguna máquina o proceso para completar el ciclo, con alguna verificación.

Nivel 3. Atención mental y visual continua por razones de seguridad o de calidad, usualmente operaciones repetitivas que requieren una atención o actividad constante.

Nivel 4. Atención mental y visual concentradas en la distribución o ejecución de trabajos complejos que requieren gran precisión y gran calidad, o en coordinar un alto grado de destreza manual con atención visual concentrada por períodos largos de tiempo. También operaciones puramente de inspección en donde la verificación de la calidad es el objetivo principal.

Criterios de posición

Las demandas físicas del cuerpo se consideran en la fatiga en cualquier momento, con excepción de los períodos de descanso. Las posiciones anormales de cualquier parte del cuerpo incrementan la fatiga, si no se produce el cambio de posición.

Nivel 1. Posición: sentado o una combinación de sentarse, pararse y caminar, adonde los cambios de posición no están distanciados más de 5 minutos. Los brazos y cabeza permanecen a la altura normal.

Nivel 2. Parado o una combinación de pararse y caminar; el sentarse se permite sólo durante los períodos de descanso. También donde las manos y la cabeza permanecen en posiciones fuera de lo normal pero sólo por períodos menores de un minuto.

Nivel 3. Operaciones que requieren el pararse constantemente en la punta de los pies, o donde el trabajo requiere extensión de brazos y piernas.

Nivel 4. Operaciones donde el cuerpo permanece en posiciones

extendidas o contraídas por largos períodos de tiempo. También donde la atención requiere de un cuerpo inmóvil.

EJEMPLO:

Trabajo: Inspector		
Factores	Nivel	Puntos
Condiciones de Trabajo:		
1. Temperatura	1	5
2. Ventilación	1	5
3. Humedad	1	5
4. Nivel de ruidos	1	5
5. Iluminación	1	5
Repetitividad:		
6. Duración del trabajo	2	40
7. Repetición del ciclo	4	80
Esfuerzo:		
8. Físico	1	20
9. Mental	4	50
Posición:		
10. Parado, moverse.		
Sentado, altura del trabajo	3	30
		245

Porcentaje: 24% o 59 minutos (de la Tabla de Tolerancias)

DEMORAS INEVITABLES

Las demoras ocurridas en la ejecución de una tarea pueden ser evitables o inevitables. Las Demoras Evitables son aquellas que pueden imputarse directamente al operario, o son causadas directamente por el operario y por lo tanto no se consideran para el cálculo del Tiempo Estándar. Por ejemplo, el hecho de que un operario interrumpa la tarea porque tiene gripe y le sobreviene un acceso de tos se considera como evitable, pues desaparecerá en el momento en que se le quite la gripe a dicho operario, o si el trabajo lo hace otro operario.

Las Demoras Inevitables representan cualquier interrupción en la

ejecución normal de la tarea, no atribuible al operario. Por ejemplo cuando falta material para poder procesar, sabemos que esto no es normal, pero sin embargo lo consideramos inevitable por no ser imputable directamente al operario. Para que el material estuviese en el sitio y momento necesarios para producir tendría que estarse cumpliendo adecuadamente la función de Despacho del Control de Producción. Pero mientras no se cumpla adecuadamente, seguirá faltando material de vez en cuando y el trabajo se detendrá.

Las Demoras Inevitables incluyen interrupciones hechas por el Supervisor o por el Analista de Tiempos; irregularidades en materiales; dificultad de mantener Tolerancias; interferencias debido a la asignación de varias máquinas a un sólo operario, etc. El Supervisor o Encargado puede interrumpir al operario para suministrarle instrucciones o para clarificar una orden escrita. Luego el Inspector puede interrumpirlo para averiguar acerca de cierto trabajo defectuoso que pasó a través de su estación de trabajo, etc. Las Demoras Inevitables son causadas a menudo por irregularidades en el material, el cual puede estar localizado incorrectamente o estar muy blando o muy duro, o muy largo o muy corto. Cuando este material se desvía substancialmente de las especificaciones contenidas en el Registro Normalizado de la operación, podría hacerse necesario reestudiar el trabajo y asignar tiempo extra para tomar en cuenta los elementos extra introducidos por la irregularidad del material. Los inconvenientes imputables al diseño del método (cae una herramienta o dispositivo, se cae el material) también se consideran como Demoras Inevitables, pues para removerlos habría que cambiar el método.

OTRAS TOLERANCIAS

Hay unos factores que si bien podrían estar contenidos dentro de las Tolerancias por Necesidades Personales o Demoras Inevitables vale la pena aislarlos algunas veces por la naturaleza del trabajo mismo. Tales factores pueden ser:

1. **Contingencias.** En algunos casos se añaden Tolerancias para compensar la ocurrencia de ciertas actividades que ocurren periódicamente pero que no se incluyen dentro de los elementos que constituyen el ciclo básico debido a su poca frecuencia o por la dificultad de determinar su tiempo.
2. **Interferencias.** Estas Tolerancias compensan como ya se ha dicho la pérdida de tiempo debida a que el operario maneja dos o más máquinas.

3. **Rechazo.** Se usa cuando una proporción de partes tienen que ser reprocesadas.
4. **Herramientas.** Estas Tolerancias compensan al operario cuando tiene que afilar herramientas, o cambiarlas, etc.
5. **Trabajo extra.** Esta Tolerancia se asigna cuando hay que hacer trabajo adicional debido a variaciones en material o condiciones anómalas.

APLICACION DE LAS TOLERANCIAS

El propósito fundamental de las Tolerancias hemos visto que es añadir tiempo suficiente al tiempo efectivo o Normal de producción para así permitir que el "operario medio" alcance el "Estándar" cuando trabaja a "Ritmo Normal". Las Tolerancias se expresan como porcentajes del tiempo efectivo de producción, por lo tanto se aplicarán al Tiempo Normal. Por ejemplo si un Estudio concluye que en un día de producción de 8 horas se van a permitir 50 minutos por demoras y el tiempo disponible para la producción es de 7,5 horas (450 minutos), el porcentaje de Tolerancias a aplicar será:

$$\frac{50}{450 - 50} = 12.5\%$$

Es decir, este porcentaje está referido al tiempo efectivo, ya que luego se lo vamos a aplicar a otro tiempo efectivo: El Tiempo Normal. A menudo suele decirse que se conceden 50 minutos del día de trabajo por demoras y se hace el cálculo como: $\frac{50}{480}$.

480

Este cálculo por lo tanto, resulta incorrecto por estar referido a una base diferente al significado del Tiempo Normal.

TABLA DE TOLERANCIAS TÍPICAS (27)

Si bien hay una ausencia de datos cuya base sea estrictamente científica con respecto a las Tolerancias, también es cierto que existen muchas Tablas de Tolerancias Típicas desarrolladas por diferentes empresas y autoridades del campo de la medición del Trabajo basadas en su aplicación con éxito a través de los años. Aún cuando ninguna de ellas sea perfecta, sí proveen una guía útil y necesaria.

La Tabla que se presenta en la página siguiente es una de dichas

tablas. Permite obtener estimados de las Tolerancias a aplicar para diferentes tipos de trabajo, pero sin embargo no sustituye a la determinación directa que podamos hacer para el trabajo en particular que estemos considerando. Únicamente la emplearemos cuando no se disponga de recursos para hacer directamente los estimados. Como ya se dijo, son tablas empíricas pues hasta los momentos no se ha encontrado una forma totalmente satisfactoria de calcular las Tolerancias que deberían concederse en cada circunstancia.

CALCULO DEL TIEMPO ESTANDAR

Conocidos todos los elementos que lo integran, podemos ahora proceder a calcular el Tiempo Estándar aplicando la expresión:

$$T.E. = T.P.S. \times C_v + \sum tol$$

El producto T.P.S. x C_v constituye el Tiempo Normal, el cual se obtendrá sumando los Tiempos Normales de ejecución de cada uno de los elementos en los cuales hemos dividido el trabajo que estamos midiendo, pero considerando su frecuencia de ocurrencia en el ciclo.

Este Tiempo Normal Total como hemos visto podemos obtenerlo mediante Cronometrado Directo, o mediante Muestreo de Trabajo o por cualquiera de las técnicas que clasificamos como Registros Históricos.

El Estudio de Tiempos realizado utilizando Muestreo de Trabajo permite determinar todos los elementos integrantes del Tiempo Estándar. Cada vez que se observa al operario trabajando se califica su velocidad subjetivamente; cuando no está trabajando se averigua la razón. Si se hacen N observaciones totales de las cuales n corresponden a observaciones trabajando, el tiempo total del Estudio es T y se produjeron g piezas de calidad aceptable, el Tiempo Estándar se calculará aplicando la relación:

$$TE = \frac{nTC_v}{Ng} + \text{Tolerancias}$$

EJEMPLO: En un Estudio de Muestreo de Trabajo, se hicieron 362 observaciones durante tres días, en jornadas de 8 horas/día. Los resultados del Estudio son los siguientes:

TABLA DE TOLERANCIAS TÍPICAS
(En porcentaje del tiempo normal)

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES			E. Condiciones atmosféricas (Calor y humedad)		
	Hombres	Mujeres	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de Kala (Milicalorías /cm ² /segundos)		
Suplementos por necesidades per- sonales	5	7	Suplemento*		
Suplemento base por fatiga	4	4	16	0	
			14	0	
			12	0	
			10	3	
			8	10	
			6	21	
			5	31	
			4	45	
			3	64	
			2	100	
2. SUPLEMENTO VARIABLES			F. Concentración intensa		
	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	Trabajos de cierta precisión	0	0
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Incómoda (inclinado) ..	2	3	G. Ruido		
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Intermitente y muy fuerte Estridente y fuerte	5	5
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (Levantar, halar o empujar) (Peso levantado en Kilos)			H. Tensión mental		
2,5	0	1	Proceso bastante complejo	0	0
5	1	2	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
7,5	2	3	Muy complejos	8	8
10	3	4	I. Monotonía		
12,5	4	6	Trabajo algo monótono	0	1
15	5	8	Trabajo bastante monótono ..	1	1
17,5	7	10	Trabajo muy monótono	4	4
20	9	13	J. Tédio		
22,5	11	16	Trabajo algo aburrido	0	0
25	13	20 (máx.)	Trabajo aburrido	2	1
30	17	—	Trabajo muy aburrido	5	2
35,5	22	—			
D. Mala iluminación					
Ligeramente por de- bajo de la potencia calculada	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insu- ficiente	5	5			

* En porcentaje de la duración del turno de trabajo. Estas cifras se aplican únicamente a las personas aclimatadas

Observaciones "Trabajando"

10
80
150
10

250

Cv(%)

90
100
110
120

Observaciones "NO trabajando"

Operario en el baño
Operario en ocio
Hablando con compañero
Tomando agua
Faltó energía eléctrica
Faltó material

Cantidad

30
25
20
10
12
15

112

Si se produjeron 500 piezas, ¿cuál será el tiempo Estándar?

SOLUCION:

N = 362 obs

n = 250 obs

$$T = 3 \text{ días} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} = 1.440 \text{ minutos}$$

g = 500 piezas

Calificación de Velocidad

$$CV = \frac{0,90 \times 10 + 1 \times 80 + 1,1 \times 150 + 1,20 \times 10}{250}$$

$$Cv = 106\%$$

Tolerancias

$$\text{Tolerancias por D.I.: } \frac{12 + 15}{362} = 7,5\%$$

$$\text{Tolerancias por N.P.: } \frac{30 + 10}{362} = 11\%$$

Si suponemos un 10% de tolerancias por Fatiga, tendremos:

$$\Sigma \text{ Tol} = 7,5\% + 11\% + 10\% = 28,5\%$$

$$T.E. = \left(\frac{250 \times 1.440 \times 1,06}{362 \times 500} \right) (1,28) \frac{\text{min}}{\text{pieza}}$$

$$T.E. = 2,70 \frac{\text{min}}{\text{pieza}}$$

Estándares temporales (20)

Es sabido que se requiere tiempo para hacerse avezado en cualquier operación que es nueva o algo diferente. Frecuentemente se hace necesario establecer Estándares para una operación relativamente nueva o cuyo volumen de producción no es suficiente como para que el operario alcance su eficiencia normal. Si el Analista basa sus observaciones en la concepción usual de producción, el Estándar resultante será muy ajustado y el operario será incapaz de alcanzarlo. Por otro lado, si se toma en consideración que el trabajo es nuevo y que el volumen es bajo y se establece un Estándar liberal, pueden ocurrir problemas en el caso de que ocurra un incremento en el tamaño de la orden o que se reciba una nueva orden para la misma parte. El método más satisfactorio para manejar esta situación es el establecimiento de Estándares Temporales. Estos Estándares se establecen considerando la dificultad de la asignación de trabajo y el número de piezas a producir. El Estándar resultante será mucho más liberal que el obtenido considerando producción en masa.

El Estándar debe ser identificado como "Temporal" y debe especificar la cantidad máxima para la cual aplica. Debe tenerse cuidado con el número de Estándares Temporales que se establecen, por cuanto un exceso de ellos puede resultar en una baja en la concepción aprobada de Normal. También el cambio frecuente de Estándares puede causar descontento entre los trabajadores. Sólo los trabajos nuevos y que

comprenden cantidades limitadas de producción deben considerarse como aptos para establecer Estándares Temporales.

Mantenimiento de los Estándares

Se ha dado considerable énfasis a la necesidad de establecer Estándares justos. Esto significa justo para el trabajador y justo para la Empresa. Una vez que se introducen estándares justos, los mismos deben mantenerse. El T.E. depende directamente del método usado durante el curso del Estudio de Tiempos, por lo tanto es esencial para mantener estándares equitativos, el que se controlen los cambios y alteraciones en método.

Los Estándares deben cotejarse periódicamente para ver si están de acuerdo con el método que se emplea. Pueden haber sucedido cambios en el método de los cuales no se tiene información. Si una investigación revela que el método ha sido cambiado en forma adversa, entonces deben investigarse las razones para el cambio, de tal manera que pueda emplearse un método mejor. Si el método ha sido mejorado, entonces la investigación debe determinar quién fue el responsable de la innovación y si fue el operario, el mismo debe ser recompensado.

USOS DEL TIEMPO ESTANDAR (26)

La disponibilidad de Estándares de Tiempo es fundamental en cualquier organización. El tiempo es un recurso limitado y como tal requiere ser aprovechado en forma óptima. El Tiempo Estándar va a ser entonces la base o denominador común que permitirá determinar diferentes elementos de costo. El Tiempo Estándar tiene múltiples usos, entre los cuales tenemos:

1. Para determinar el costo de mano de obra imputable a una tarea determinada.

Si un operario trabaja en varios centros de trabajo necesitamos saber cómo prorratear su salario entre los diferentes centros. Si conocemos el Tiempo Estándar de ejecución para cada centro podremos hacer dicho prorrateo. Por ejemplo, si un operario gana X Bs/día de 8 horas y trabaja en 3 centros A, B y C siendo los Tiempos Estándar de fabricación en cada centro:

$$T_A = Y_A \text{ horas/pieza A}$$

$$T_B = Y_B \text{ horas/pieza B}$$

$$T_C = Y_C \text{ horas/pieza C}$$

Los costos por concepto de mano de obra imputables a cada pieza serán:

$$C_A = \frac{X \text{ Bs}}{8 \text{ Hs}} \times \frac{Y_A \text{ Hs}}{\text{pieza A}}$$

$$C_B = \frac{X \text{ Bs}}{8 \text{ Hs}} \times \frac{Y_B \text{ Hs}}{\text{pieza B}}$$

$$C_C = \frac{X \text{ Bs}}{8 \text{ Hs}} \times \frac{Y_C \text{ Hs}}{\text{pieza C}}$$

2. Para Programar la Producción

La Programación es una fase importante del Control de la Producción, y dado que consiste en coordinar actividades en relación al tiempo se necesitarán entonces los Estándares de Tiempo para poder realizarla.

3. Para determinar el número de máquinas a adquirir.

Si se establece una determinada capacidad de planta y se sabe el Tiempo Estándar de ejecución por cada máquina, se podrá calcular el número de máquinas que se necesitará. Por ejemplo, si requerimos producir 5.000 piezas por semana y nuestra planta trabajará 8 horas por día durante 5 días a la semana, siendo el Tiempo Estándar de 2,40 minutos por pieza para cada máquina necesitaremos entonces:

$$2,40 \frac{\text{min - maq.}}{\text{pieza}} \times \frac{5.000 \text{ piezas}}{8 \times 5 \times 60 \text{ min.}} = 5 \text{ máquinas}$$

De la misma forma, podemos hacer el Estudio Económico para averiguar si es más favorable comprar otra máquina para trabajar en turno normal o trabajar con menos máquinas en turno extra.

4. Conocido el número de máquinas podremos hacer una mejor Distribución en Planta.

5. Sabiendo el Tiempo Estándar podemos determinar el rendimiento de un operario o de todo un departamento.

6. El uso de Estándares de Tiempo permitirá hacer una programación más eficiente de las actividades necesarias para realizar una cierta función.
7. Para determinar las asignaciones de trabajo de cada miembro de una cuadrilla y así calcular el tamaño de la cuadrilla necesaria; o el total de mano de obra requerida.
8. Para comparar diferentes métodos de realizar una tarea.
9. Sirven de base para los planes de incentivo.
10. Como base para el control de presupuestos.

ESTIMACION DE TIEMPO EN UN TALLER

El propietario de un Taller pequeño es responsable por las decisiones que afecten al costo del producto. Sobre-estimar un trabajo significa ceder el mismo al competidor y subestimarlo significa una pérdida para el taller. Por lo tanto, el estimar los tiempos de ejecución de las órdenes juega un papel de bastante importancia. Los estimados se basan en opiniones individuales. La calidad del estimado determinará la cuantía en la cual los estimados reflejan verdaderas condiciones de operación. Estimadores con experiencias diferentes harán estimados diferentes del mismo trabajo. El Estimador que obtendrá los estimados más confiables será aquél que haya tenido experiencia en el taller. La base con la cual se obtienen estimados confiables son los Datos Estandarizados de Tiempo. La estimación se prefiere algunas veces por sobre los Estudios de Tiempo, debido a que el costo real de establecer Estándares usando este procedimiento es mucho menor. El Estimador puede estimar un trabajo en una fracción del tiempo que requiere el Analista de Tiempos para hacerlo. Un estimado es el reconocimiento de todos los elementos necesarios para realizar una operación fijando un valor de tiempo para cada uno de dichos elementos. En órdenes pequeñas no es posible obtener un Estudio de Tiempos representativo debido al número limitado de partes que contiene la orden, por lo tanto hay que recurrir a los estimados.

El Estimador debe primeramente enumerar los pasos necesarios para la fabricación de la parte; las operaciones necesarias, el orden en el cual deben realizarse, cuáles de las máquinas disponibles son las más adecuadas para realizar las operaciones, cuáles herramientas se requiere, cuáles son las alimentaciones y velocidades de las máquinas. Posteriormente debe hacerse una buena idea de los

movimientos que necesitará el operario realizar para ejecutar la operación. Si el Estimador no considera la posibilidad de ejecución simultánea de varias operaciones, su estimado será muy alto.

Todos los estimados conllevan errores de juicio. Lo más que puede esperarse es reducir estos errores a un mínimo. Para ello el Estimador debe ir al taller y familiarizarse con todas las técnicas, observar a los operarios, preguntar sobre las dificultades de las tareas, luego dividir la operación en el mayor número de elementos posibles. Un error grande en cualquier elemento se convierte en un error relativamente pequeño para la operación global.

PROBLEMA

Al cronometrarse una operación, a principios de la jornada de trabajo se obtuvieron los siguientes datos:

Lect.	ELEMENTOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	11	17	125	40	78	19	152	19
2	13	20	130	43	70	25	151	18
3	12	22	128	44	74	27	D	17
4	11	18	124	39	75	24	153	19
5	11	19	A	38	70	23	154	20
6	13	22	135	41	27	24	152	19
7	12	19	127	42	72	25	153	21
8	9	18	128	41	75	27	155	19
9	13	17	126	40	78	26	157	18
10	32	18	132	38	73	26	154	17
11	11	20	B	42	74	22	152	16
12	13	17	131	41	76	24	154	2
13	14	20	128	44	77	27	155	17
14	11	18	127	39	72	26	154	18
15	12	21	131	40	73	25	153	17
16	9	19	C	39	74	24	E	20

1. Los elementos 1, 2, 4, 6, y 8 son ejecutados enteramente por el operario, dependiendo la realización de la habilidad manual del mismo.

2. Los elementos 3 y 7 corresponden a maquinados semiautomáticos en los cuales poca es la influencia del operario sobre los mismos.
3. El elemento N° 5 es una operación de maquinado cuya ejecución depende de la habilidad del operario.
4. Se observaron los siguientes Elementos Extraños:
 - A - 258 cent. de min; la alimentación de la máquina falló
 - B - 270 cent. de min; la alimentación de la máquina falló
 - C - 254 cent. de min; la alimentación de la máquina falló

Analizada la causa de los mismos se encontró que podía ser eliminada con una pequeña inversión.

D y E, 300 y 310 cent. de minuto respectivamente: eliminación de desperdicios de la mesa de trabajo.
5. Analizados los elementos 1, 2 y 6 por el MTM se les computaron los siguientes tiempos de ejecución: 12, 22 y 25 cent. de minuto respectivamente.
6. Los tiempos de preparación de la maquinaria, observados en varias sesiones de trabajo fueron de 30 min para preparación y 15 min de retiro al final de la jornada.
7. El área de trabajo es ligeramente calida: 30° de temperatura media. Habiéndose realizado un control de los tiempos actuales de ejecución hacia el final de la jornada, se encontró para los elementos 1, 2 y 6: 14, 21 y 27 centésimas de min. respectivamente.
8. Se considera oportuno fijar un 7% del Tiempo Normal calculado, por Necesidades Personales.
9. Las tolerancias por Demoras Inevitables se asignarán de acuerdo a lo observado al hacer los registros de tiempo.

SE PIDE:

1. Calcular el Tiempo Estándar de la operación, describiendo la secuela seguida para lo mismo y justificando el manejo de los datos de la hoja de registro de cronometrado.
2. La producción diaria esperada.
3. El Costo Estándar por mano de obra de la pieza si se tiene una jornada de 8 horas a bolívares 80 por hora.

4. El tiempo requerido para procesar una orden de 3.500 unidades.

PROBLEMA

La siguiente es una hoja de observación correspondiente al cronometrado de cierta operación:

Elementos Lect.	1	2	3	4	5
1	.53	1,70	2,04	1,92	1,02
2	.60	1,65	2,10	1,50	1,06
3	.59	1,68	2,15	1,93	.95
4	.58	1,58	2,08	1,90	.93
5	.59	1,55	2,05	1,95	.90
6	.60	1,70	2,20	1,91	1,00
7	.53	1,51	2,18	1,96	1,10
8	.70	1,54	2,10	1,94	1,08
9	.60	1,60	2,08	1,90	.95
10	.58	1,65	2,04	1,94	.92

Los tiempos de ejecución, calculados por el M.T.M. para los elementos 2 y 5, fueron respectivamente: 1,74 y 1,06 minutos.

El trabajo es de taller, y en la realización del mismo se cargan pesos hasta de 10 Kg.

Temperatura: 34 °C. Humedad: 85%. Iluminación normal.

De un Muestreo de Trabajo se observó que 84 veces ocurrieron 7 interrupciones no imputables al trabajador.

Determine el Tiempo Estándar.

PROBLEMA

En una fábrica se ha realizado un estudio de Muestreo de Trabajo para establecer el Tiempo Estándar de realización de una operación de montaje. El estimado original del tiempo de trabajo fue de 60 %, considerando un Nivel de Confianza de 95 % y una Precisión de ± 5 %. Se realizaron observaciones durante 3 días a un grupo de 10 operarios, obteniéndose los siguientes resultados:

Observaciones trabajando

Calificación de Velocidad (%)

Marzo 1	Marzo 2	Marzo 3	
3	6	1	100
13	22	9	105
32	21	24	110
48	45	17	115
47	49	39	120
27	28	56	125
26	13	22	130
15	8	11	135
14	15	22	140
8	20	27	145
2	10	11	150

La fábrica trabaja 8 horas/día. El número de montajes de calidad aceptable realizados durante el período del Estudio fue de 16.000. Las Tolerancias por Demoras Inevitables, Fatiga y Necesidades Personales se estiman en un 15%.

Calcular el Tiempo Estándar para la operación.

PROBLEMA

Establecer un Estándar, usando M.T.M. para ensamblar el dispositivo mostrado en la figura. Suponga que la mano derecha toma la abrazadera, mientras la mano izquierda toma el perno en U. La mano izquierda sostiene el perno en U, mientras la mano derecha ensambla la abrazadera, obtiene y ensambla las tuercas. La mano izquierda deja el ensamble mientras la mano derecha espera. El perno pesa 1,20 Kgs y la abrazadera 1,30Kgs. Suponga las distancias necesarias. Tolerancias 10%.

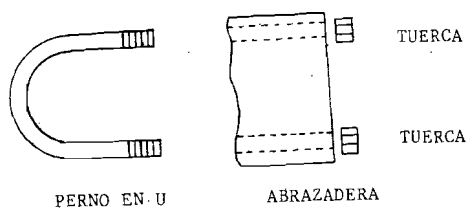


Figura 107

MEDICION DE TRABAJOS INDIRECTOS

Las técnicas para medir el trabajo descritas hasta ahora en este libro, las hemos referido casi siempre a tareas directas repetitivas, normalizadas, cuyos tiempos de ciclo son muchas veces de corta duración. En los últimos años ha crecido el interés por aplicar también técnicas de Medición del Trabajo a trabajos conocidos como Indirectos. Los trabajos indirectos son aquellos que no están directamente relacionados con la producción pero sin embargo son trabajos necesarios, de soporte, para que esa producción pueda obtenerse y llegar a su destino final. Como ejemplos de trabajo indirecto tenemos en primer lugar el trabajo de oficina, además el que se realiza dentro de los almacenes, los trabajos de supervisión e inspección, la limpieza y el mantenimiento, etc. Dichos trabajos, y especialmente el de oficina, difieren de los de tipo directo debido principalmente a la variabilidad que tienen sus elementos de trabajo. Su medición resulta entonces diferente en razón a las dificultades técnicas para diseñar métodos de medición que permitan estudiar tareas sumamente variables y además por las reacciones de tipo psicológico que pueden acontecer en sectores de la organización a quienes tradicionalmente no se les ha medido su trabajo como se hace con la mano de obra directa.

Cuando medimos un trabajo indirecto debemos olvidar un poco la preocupación por la obtención de Estándares muy precisos y recordar que disponer de cualquier tiempo, considerando que sea representativo y realístico, es mejor que no tener ningún tiempo. El Tiempo Estándar debe ser solamente tan preciso como sea necesario, y consistente con los costos que conlleve su determinación y con su utilidad en cuanto a planificación, ejecución y control del trabajo. Qué importancia tendrá especificar hasta con cuatro decimales el tiempo de ejecución de una tarea como cambiar la cinta a la máquina de escribir, la cual se realiza con muy poca frecuencia?

Después de aceptado el concepto de variabilidad, todos los trabajos pueden considerarse como repetitivos y que lo que variará son los detalles entre una y otra repetición. Por ejemplo: el elemento "escribir a máquina un oficio" puede repetirlo una secretaria muchas veces en un día, pero sin embargo, cada oficio es diferente de otro. La necesidad de considerar el trabajo como repetitivo en esta forma, es para poder encontrar una base común sobre la cual referir la produc-

ción de trabajo. Los tiempos referidos a estas bases se obtendrán a partir de varios ciclos obtenidos durante un período representativo.

El Estudio de Tiempos que conocemos resulta muy limitado cuando tratamos de aplicarlo a situaciones más complejas, para las cuales el factor de Calificación de Velocidad resulta completamente inefectivo. Recuérdese que la Calificación de Velocidad está relacionada primordialmente con el esfuerzo físico. En el futuro esta limitación se va a acentuar pues con la creciente automatización los trabajos demandan del operario esfuerzos diferentes del meramente físico, teniendo entonces mayor importancia las actividades relacionadas con los procesos mentales como son las tareas de control, vigilancia e inspección. Cómo hacemos entonces para medir trabajos que requieren de tiempo para pensar, tomar decisiones, conversaciones, discusiones; y trabajos que necesitan de algún grado de creatividad?

La recolección inicial de los datos puede algunas veces hacerse mediante observación directa, mientras que en otras habrá que delegar dicha recolección en el propio empleado. Por ejemplo, en un Estudio de Muestreo de Trabajo que se hizo a profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, quienes voluntariamente accedieron a participar en dicho experimento, propuesto como tarea a los alumnos de la materia Métodos Avanzada por el autor de este libro, hubo que introducir en el diseño inicial la restricción sobre la imposibilidad de crear un formato que contuviera todos los elementos de trabajo para luego al hacer las observaciones marcar sobre él cuál de dichas actividades estaba ocurriendo. En muchas ocasiones había que preguntar al propio profesor qué estaba haciendo en el momento de la observación si no estaba en su oficina, laboratorio o salón de clases. La observación instantánea muda, tipo fotografía, no servía. El hecho de que un profesor estuviese en su oficina sentado, sin leer y sin escribir por ejemplo, no significa que la observación debía registrarse como "OCIO", pues en esos instantes podría estar pensando sobre el problema a proponer en un examen, o sobre cómo organizar los recursos audiovisuales que iba a utilizar en su clase, o algo relacionado con una investigación que desarrollaba, etc.

Para algunos casos pueden utilizarse las herramientas tradicionales de recolección de información: Diagrama del Proceso, Diagramas de Flujo, o Diagramas de Actividades Múltiples.

Esta inquietud por estudiar, medir, y hacer menos fatigoso el trabajo

del hombre, cualquiera que el mismo sea, ha contribuido al surgimiento y desarrollo de ramas más especializadas.

Para la determinación de Estándares de Tiempo de tareas indirectas realizadas por grupos o cuadrillas, se han desarrollado técnicas, entre las cuales tenemos:

La Técnica de Trabajos Referenciales.

La Técnica de Cronometraje de Grupos (T.C.G.)

Medición de Minuto Múltiple M.M.M.)

TÉCNICA DE TRABAJOS REFERENCIALES (34). Consiste en estimar el tiempo necesario para realizar una tarea dada, comparando el trabajo que ella involucra con el de una serie de trabajos similares cuyo contenido ha sido medido previamente. Estos trabajos reciben el nombre de Trabajos Referenciales. Los Tiempos de los Trabajos Referenciales se presentan en rangos amplios, dentro de los cuales habrá que ubicar el trabajo cuyo tiempo va a ser estimado. En la aplicación de esta técnica se distinguen dos fases: La estática, de establecimiento y mantenimiento de los estándares comparativos y la dinámica, de aplicación de dichos estándares. La primera fase demanda especialistas en medición del trabajo capaces de establecer estándares de tiempo adecuados, con el grado de precisión apropiado. Es de hacer notar que el sistema no puede ponerse en operación hasta tanto no se tenga una buena base de datos de Trabajos Referenciales típicos junto con sus Tiempos Estándar respectivos. Esta tarea es laboriosa, ya que puede comprender cientos de trabajos; por esta razón a menudo se recurre a la compra de bancos de datos desarrollados por empresas de consultoría.

Al ser medido, cada Trabajo Referencial es localizado en su respectiva categoría de rango de tiempo. Estos rangos de tiempo no tienen igual extensión; se obtienen basándose en el hecho de que cuando se grafican los tiempos de una categoría de trabajo (Electricidad, plomería, mecanografiado, etc). Los mismos forman una distribución Log. Normal desviada hacia la derecha. Los espaciamientos entre categorías se incrementarán en forma no lineal.

Se ha encontrado que el espaciamiento logarítmico resulta adecuado para los rangos de tiempo; de tal manera que los límites de las categorías son equidistantes.

Una vez que se tienen localizados los estándares puede comenzarse la tarea continua de aplicación. Esta responsabilidad se le asigna

al Supervisor de la línea a cargo de la Sección, el cual para estimar el tiempo de una nueva tarea usa su experiencia y conocimiento del trabajo para buscar la Descripción de Trabajos Referenciales similares en contenido al que va a ser estimado. Una vez localizado, al nuevo trabajo se le asigna la categoría a la cual aquellos pertenecen y como Tiempo Estándar el punto medio de dicha categoría.

TCG es una herramienta que puede usarse para desarrollar estándares de tiempo de mano de obra para trabajos realizados por cuadrillas de tamaño variable, donde los miembros de dicha cuadrilla realizan la misma tarea al mismo tiempo. La técnica puede ser mejor descrita como Muestreo de Trabajo con observaciones hechas a intervalos de tiempo constantes y repetidos. Produce resultados rápidos, debido a que en cada observación se ven muchos elementos de trabajo. Similarmente al Muestreo de Trabajo, la idea detrás de la técnica es que cualquier cosa que esté ocurriendo en el momento de la observación ha venido ocurriendo durante el intervalo completo desde que la observación anterior fue realizada. Otra similitud es que un grupo de operarios en la misma área, pueden ser observados simultáneamente y sus actividades individuales ser registradas. Una diferencia es que el intervalo constante de muestreo y el conteo de producción proveen un medio de relacionar tiempos de cada elemento con producción.

Los resultados pueden obtenerse en la mitad del tiempo que tomaría hacerlo por Cronometrado. Usualmente se requiere de un menor tamaño de muestra que cuando se usa el Muestreo Aleatorio. Esto porque cada muestra TCG provee la máxima cantidad de datos.

Los trabajos de "caos organizado" o fuera de control pueden ser analizados exitosamente con este sistema. El TCG funciona en situaciones donde usar una de las técnicas regulares de Estudio de Tiempos es casi imposible, dado que es independiente de los individuos particulares en el grupo bajo estudio.

Es ideal para estudiar grupos de personas que realizan una cantidad medible de producción, en un área de trabajo razonablemente limitada. Idealmente todas las actividades de trabajo deberían estar a la vista del Observador. Algunos ejemplos podrían ser: Cuadrillas de carga y descarga; de ensamblaje; cuadrillas de mantenimiento haciendo tareas específicas; grupos de operarios de producción haciendo la misma tarea y trabajos de Oficina. Los mejores resultados se obtienen cuando se evalúan tareas que comprenden de 3 a 10 personas.

PASOS PARA HACER UN ESTUDIO TCG

1. Seleccionar la operación, el grupo de operarios y los períodos de tiempo a estudiar.
2. Estudiar la operación para establecer:
 - Elementos (incluyendo Ocio y/o Fuera del Area).
Los elementos deben de cubrir todos los aspectos de trabajo.
 - La realización de todos los elementos debe producir un producto completo o una etapa completa del producto.
 - Los elementos seleccionados deben tener puntos de comienzo y finalización claramente definidos y ser lo suficientemente largos, de tal manera que sea improbable que se produzca un cambio en el instante de la observación. El intervalo de muestreo, o intervalo entre observaciones, debe ser lo suficientemente largo para permitir el registro de lo observado.
 - Amplitud de localización de la operación. El área de trabajo debe ser lo suficientemente pequeña y la posición de observación localizada de manera tal que las actividades puedan ser observadas e identificadas rápidamente.
 - Variación de la cuadrilla. Los tamaños máximo y mínimo de la cuadrilla deben ser establecidos antes de registrar las observaciones reales. Esta información permitirá inmediatamente el registro de las observaciones "ocio" y "Fuera del área".
 - Unidades de producción medibles. Las unidades de producción deben ser definidas claramente. Las unidades deberían ser lo suficientemente pequeñas de tal manera que pueda contarse un número definido como producido durante el período total de observación; o el Estudio debe estar planificado de tal manera que una secuencia continua de observación cubra la producción de una sola unidad de principio a fin.
3. Diseñar y reproducir el Formato de Registro. (En la figura 108 se muestra una típica hoja de registro). El formato debe contener la siguiente información:
 - Descripción global del trabajo.
 - Fecha del Estudio.

Comienzo y final del período de observación.

Duración del intervalo de muestreo.

Identificación del equipo.

Identificación del operario.

El número de unidades producidas durante el período de muestreo.

Los elementos de trabajo.

La Calificación de Velocidad.

Otra información, tal como el número máximo de operarios en el trabajo, etc.

El formato debe diseñarse para facilitar los cálculos.

4. Hacer el Estudio. Llenar la data básica: fecha, trabajo y hora de comienzo. Realizar las observaciones. El Observador debe situarse de manera tal que de un vistazo pueda abarcar todas las estaciones de trabajo. Usar marcas o rayitas para indicar la ocurrencia de elementos. Continuar con las observaciones hasta que se cubran todos los períodos y se haya tomado un número adecuado de muestras. En la figura 108 se muestra una hoja completa de registro.
5. Procesar los datos. Totalizar las marcas de cada pieza elaborada. Totalizar las marcas para cada elemento individual. Multiplicar el total de marcas del Elemento por el tamaño del intervalo. El resultado es el tiempo total consumido por cada elemento. Ajustar el tiempo mediante la Calificación de Velocidad. El resultado es el Tiempo Normal por Elemento. Dividir el Tiempo Normal de cada elemento por el total de las piezas hechas. El resultado es el Tiempo Normal por pieza. Las figuras 109 y 110 muestran los cálculos.

DIFERENCIAS ENTRE TCG Y TECNICAS USUALES DE ESTUDIO DE TIEMPOS

Se estudia más de un operario al mismo tiempo.

Las observaciones se hacen a intervalos constantes de tiempo.

El Estudio puede ser interrumpido en cualquier momento sin que por ello se pierda efectividad.

No se necesita el estudio continuo durante 8 horas.

El procesamiento de los datos toma menos tiempo.

Las condiciones básicas para usar TCG es que todos los operarios observados e incluidos en el Estudio estén aunando esfuerzos para producir el producto medido y que todos ellos puedan ser observados al mismo tiempo.

Los elementos deben ser lo suficientemente simples para permitir su rápida clasificación, pero deben ser lo suficientemente largos para que no se produzcan cambios cuando se está haciendo una observación.

Dado que el intervalo de tiempo entre observaciones es usualmente corto, TCG es un sistema que demanda esfuerzo. Al igual que con otras técnicas, un observador inepto no producirá datos válidos.

Las observaciones pueden ser hechas con cualquier intervalo de tiempo constante. Obviamente, mientras menor sea el intervalo entre observaciones, más observaciones se obtendrán para un determinado período de tiempo y se observarán también elementos más cortos. Por supuesto que los intervalos más cortos dejan menos tiempo para registrar las observaciones.

Se ha encontrado que 0,25 minutos es la mínima duración de intervalo; cualquier cosa por sobre 2 minutos no genera data lo suficientemente rápido como para hacer esta técnica todo lo útil que puede ser.

La secuencia de operaciones puede ser interrumpida sin producir efectos perjudiciales, siempre y cuando se haya registrado el número de unidades completadas durante el período de observación. La idea es poder relacionar observaciones de elementos con productos producidos y/o tarea realizada. Si bien no es necesario la observación continua por 8 horas, es importante que las observaciones se hagan

durante todos los períodos de tiempo en que el trabajo se ejecuta. Esto asegura que todas las actividades sean reconocidas. Es importante desarrollar una muestra de la actividad de trabajo tan realista como sea posible. Otro factor es que se necesitan menos observaciones para lograr la precisión deseada.

SIMILAR AL ESTUDIO DE TIEMPOS

TCG no es una técnica mágica. Requiere la misma preparación para los Estudios de Tiempo ordinarios. Se hace pues necesario:

- Identificar elementos.
- Desarrollar una medida para evaluar el trabajo realizado (piezas elaboradas, manejadas, etc.).
- Calificar Velocidad.
- Determinar el número de observaciones requeridas para asegurar la validez estadística de los datos.
- Los elementos de trabajo directo e indirecto, instrucciones, ocio, ausencia, etc. deben ser identificados antes de comenzar el registro de las observaciones.
- En muchos casos los elementos usados para TCG serán los mismos que podrían usarse en un Estudio de Tiempos rutinario.

A diferencia del Estudio de Tiempos rutinario, en el cual usualmente se sigue a un solo operario a través de la secuencia de pasos sobre una base continua de tiempo asignando cada incremento de tiempo a un elemento específico, TCG produce un registro de la frecuencia de ocurrencia de cada elemento. Estas frecuencias son luego relacionadas con el intervalo de tiempo entre observaciones. El resultado se compara con las unidades producidas durante el período de observación para producir tiempos de elementos. Estos Tiempos de elementos son ensamblados, al igual que en el Cronometrado, para obtener el Tiempo Estándar Total de trabajo. Debido a esta interrelación, las observaciones TCG no tienen valor si no se registran las correspondientes unidades producidas.

Como en cualquier Estudio de Tiempos hay que calificar la Velocidad del operario. Si esto no se hace, la data obtenida observando a una cuadrilla que está por encima del promedio, producirá Estándares no realísticos; ajustados. Por otro lado, la data proveniente

de una cuadrilla ineficiente producirá Estándares muy liberales. La diferencia principal en la aplicación de la Calificación de Velocidad a TCG es que el ritmo global para la cuadrilla debe aplicarse para todas las observaciones de cada elemento, a diferencia de las calificaciones individuales del Estudio de Tiempos rutinario. Un Analista que ha desarrollado habilidad para calificar individualmente tendrá poca dificultad para calificar grupos. El Manual de Ingeniería Industrial de Maynard tiene fórmulas para establecer el número de lecturas TCG requeridas para asegurar la precisión estadística.

La verificación estadística que soporte las conclusiones es esencial, como con cualquier otra técnica.

TCG CARGAR Y DESCARGAR ESTANTES

CARGAR Y DESCARGAR ESTANTES			
Fecha	Una muestra por min.	Tiempo	Fin
			Comienzo
	Estante Tipo 8 27 40 columnas		
	Nº de paquetes/columna 6,7,8		
	Máximo Nº de operarios haciendo la tarea		
	Paquetes tipo Plegados	Sin Plegar	
	Calificación de Velocidad		
	Cargar Paquetes		
	Ensamblar partes a estantes		
	Obtener partes para estantes		
	Ocio-Espera		
	Interferencia		

Figura 108

TCG CARGAR Y DESCARGAR ESTANTES			
Fecha	Una muestra por 0,5 min.	Tiempo	Fin 9.40 Comienzo 9.00 0,40
Estante Tipo 8 (27) 40 columnas			
Nº de paquetes/columna 6, 7, 8			
Máximo Nº de operarios haciendo la tarea 5			
Paquetes tipo Plegados Sin Plegar			
Calificación de Velocidad 90%			
Cargar Paquetes		118	
Ensamblar partes a estantes		79	
Obtener partes para estantes		44	
Ocio-Espera		66	
Interferencia			
Ausente		85	
Obtener Estante		8	

Figura 109

TCG CARGAR Y DESCARGAR ESTANTES			
Fecha	Una muestra por 0,5 min.	Tiempo	Fin 9.40 Comienzo 9.00 0,40
Estante Tipo 8 (27) 40 columnas			
Nº de paquetes/columna 6, 7, 8			
Máximo Nº de operarios haciendo la tarea 5			
Paquetes tipo Plegados Sin Plegar			
Calificación de Velocidad 90%			
Cargar Paquetes		118 x 0,5 = 59 min	paquetes totales: 189
Ensamblar partes a estantes		79 0,5 = 39,9min	
Obtener partes para estantes		44 0,5 = 22 min	
Ocio-Espera		66 0,5 = 33 min	
Interferencia			
Ausente		85 0,5 = 42,5 min	
Obtener Estante	8x 0,5 = 4.0 min		

Figura 110

TCG CARGAR Y DESCARGAR ESTANTES			
Fecha	Una muestra por 0,5 min.	Tiempo	Fin 9.40 Comienzo 9.00 0,40
Estante Tipo 8 (27) 40 columnas			
Nº de paquetes/columna 6, 7, 8			
Máximo Nº de operarios haciendo la tarea 5			
Paquetes tipo Plegados Sin Plegar			
Calificación de Velocidad 90%			
Cargar Paquetes		$\frac{59 \times 0,90}{189} = 0,28 \text{ min/paq.}$	
Ensamblar partes a estante		$\frac{39,5 \times 0,90}{189} = 0,19 \text{ min/paq.}$	
Obtener partes para estante		$\frac{22 \times 0,90}{189} = 0,10 \text{ min/paq.}$	
Ocio-Espera			
Interferencia			
Obtener Estante		$\frac{4 \times 0,90}{189} = 0,02 \text{ min/paq.}$	

$$0,28+0,19+0,10+0,02=0,59 \text{ min paq.}$$

Figura 111

M.M.M (37).

Esta técnica es una combinación y refinamiento de los conceptos involucrados en el Muestreo de Trabajo y en el Cronometrado. Es un Muestreo de Trabajo con observaciones realizadas en periodos predefinidos de tiempo, en lugar de en momentos aleatorios.

La técnica es flexible, adaptable a un amplio rango de trabajos, sencilla y de bajo costo.

Algunos criterios que deben ser considerados cuando se aplica M.M.M. son:

- Tiempo del ciclo de operaciones a ser estudiadas. Los tiempos de ciclo extremadamente cortos se estudian mejor usando Cronometrado o Tiempos de Movimientos Básicos Sintéticos. Los tiempos de las actividades deben ser mayores que los tiempos del intervalo de observación.
- Variaciones de uno a otro ciclo. Las actividades que varían de uno a otro ciclo pueden estudiarse usando M.M.M. ya que se puede observar un mayor número de ciclos a un costo razonable.

- Distribución del grupo a ser estudiado. El M.M.M. requiere que los trabajadores estén en un área tal que el grupo completo pueda ser observado sin mucho desplazamiento del Analista. Los trabajadores que no tienen una estación de trabajo fija, tales como mecánicos o inspectores, son mejor estudiados usando Muestreo de Trabajo u otras Técnicas.
- Actividades fácilmente identificables. La naturaleza del trabajo debe ser tal que el Analista pueda reconocer fácilmente lo que se está haciendo. Ocasionalmente resulta deseable y práctico interrogar al trabajador para verificar qué trabajo está realizando.

PREPARACION DEL ESTUDIO

Los pasos preliminares son similares a los requeridos con cualquier otra técnica: revisar los métodos, definir el trabajo, etc. Otros pasos peculiares del M.M.M. son:

1. Establecer el listado de actividades y revisarla con el Supervisor. El Analista debe estar completamente familiarizado con el trabajo a medir. Normalmente no hay que dividir las actividades en elementos, al menos que exista una razón específica.
2. Predeterminar y establecer códigos para cualesquiera clasificaciones especiales a ser usadas.

Si se considera que el trabajador invierte tiempo considerable en "planificación", "reuniones", "espera por material", etc., a dichas categorías debe dársele medios especiales de identificación antes de comenzar el Estudio.

3. Desarrollar procedimientos e implementación para los Reportes de los Trabajadores. El propósito fundamental de éstos es proveer al Analista información sobre el volumen total de unidades del trabajo realizadas. El Analista utiliza esto junto con el tiempo total observado para calcular el tiempo por unidad.

Se debe preparar un listado de todas las actividades y sus unidades de producción. Esta lista se le da a cada trabajador para ser utilizada en la codificación de sus reportes y para identificar apropiadamente las actividades.

4. Seleccionar el intervalo de medición y preparar un formato para cada trabajador cuyo trabajo va a ser observado. Una buena

norma es conceder de un cuarto a medio minuto por cada persona a ser observada. Por ejemplo, las actividades de un grupo de cinco personas pueden ser estudiadas usando un intervalo de dos minutos. Por lo general se seleccionan intervalos de 1/4, 1/2, 1, 2, 2 1/2, 3, 4 ó 5 minutos. La distribución física del área afecta la selección del intervalo. Puede ser necesario incrementar éste cuando el Observador no puede permanecer en un solo lugar para investigar las actividades que se están realizando.

Los estudios con M.M.M. deben abarcar 8 horas o un día completo de trabajo. Todas las operaciones deben ser registradas en términos de:

1. Trabajo estándar.
2. Trabajo no estándar (trabajo productivo, no identificado como una actividad).
3. Tiempo no productivo.

Adicionalmente deben registrarse las interrupciones productivas que ocurran cuando el trabajador está realizando trabajo estándar. Estas interrupciones serán luego incluidas como Tolerancias.

Durante cada intervalo debe hacerse una ronda de observaciones que cubra a todos los trabajadores. Cuando comienza el intervalo, se hacen las observaciones de la manera siguiente:

1. Inmediatamente hacer una observación de Trabaja o No Trabaja del primer trabajador en la secuencia del grupo. Esta observación debe ser de naturaleza instantánea.
2. Determinar la categoría del trabajo (Actividad estándar y cuál de ellas; no estándar, o no productiva).
3. Calificar la Velocidad del trabajo realizado.
4. Registrar la observación en el formato, indicando la Calificación de Velocidad con dos dígitos (85, 90, 00, 10, 15) en la columna apropiada.
5. Para facilitar el procesamiento y comprensión de las interrupciones productivas y las observaciones de trabajo no Estándar y no productivo, debe escribirse la descripción correspondiente en la columna de observaciones.
6. Una vez registrada la observación observar el próximo trabajador

y repetir los pasos 1 a 5 hasta que se haya observado a todo el grupo.

7. Esperar hasta que comience el próximo intervalo para hacer la segunda observación del primer trabajador.

No tratar de espaciar las observaciones dentro del período seleccionado. El tiempo sobrante puede utilizarse para observar las actividades globales y el ritmo del grupo, anotar interrelaciones si las hay y observar los métodos.

Si hay alguna duda para poder identificar un trabajo, preguntar al trabajador. No debe utilizarse la categoría "Misceláneas". Si ocurre alguna actividad que no aparece en el listado estandarizado, marcarle en una columna separada (usar una segunda hoja, si es necesario); asignarle un código, seleccionar la unidad de producción e inmediatamente instruir al trabajador para que contabilice la producción que corresponde a dicha actividad. Utilizando este procedimiento, un Estudio de 8 horas de un trabajador puede ser resumido en 20 ó 30 minutos. Como en cualquier otra técnica, se necesita un número suficiente de observaciones de cada actividad para lograr el Nivel de Confianza y la Precisión deseados. Cuando se han terminado las observaciones se añaden las Tolerancias, para calcular el Tiempo Estándar por unidad.

DESARROLLO DE ESTANDARES DE GRUPOS

Algunas veces es necesario establecer estándares de grupo (llamados FACTORES). Por definición un Factor es una combinación de 2 o más Estándares: Un Estándar desarrollado usando M.M.M. representa el tiempo requerido para que un trabajador complete una unidad de trabajo. Un Factor representa el tiempo total de todas las actividades realizadas por el grupo de trabajo, necesarias para procesar una unidad de producción.

Los Estándares de actividades a ser combinados en un Factor, deben determinarse a partir del análisis del trabajo en sí. El análisis del flujo de trabajo indicará las actividades sucesivas que están siendo realizadas por diferentes puestos de trabajo sobre el mismo documento o producto final. Algunas actividades pueden ser subproductos de otras y ocurrir de acuerdo a una relación razonablemente constan-

te. Estas relaciones deben determinarse cuantitativamente en forma de frecuencias de ocurrencia para convertir los Estándares de actividades relacionadas en FACTORES.

El formato de la figura 112 se usa para desarrollar y presentar cada FACTOR de Grupo. Los pasos a seguir son:

1. Escribir los códigos estándar, las descripciones estándar, las unidades de producción y las horas estándar por unidad de producción de los Estándares que van a ser incorporados en el FACTOR.
2. La frecuencia de ocurrencia es muy importante para el desarrollo del FACTOR. Dicha frecuencia es la relación entre el número de veces que una unidad estándar de producción ocurre por cada "Unidad de Reporte" del FACTOR.
La unidad de Reporte del Factor es normalmente la unidad de producción de la actividad clave entre todas las actividades que están siendo combinadas. En la figura 112 la actividad clave es la 102, cuya unidad de producción se refiere como "tarjeta procesada".
La data de frecuencia se desarrolla normalmente a partir de conteos de unidades de producción, realizados por los trabajadores durante el período del Estudio. Otras fuentes de información pueden provenir de otros Estudios o de Registros Históricos.
3. Calcular las horas estándar por Unidad de Reporte para cada Estándar y luego obtener su suma.
4. Calcular la tolerancia por tiempo no estándar (Tiempo N). El resultado se lleva al formato.
5. Multiplicar las horas estándar totales por Unidad de Reporte, por la tolerancia Tiempo-N para obtener las horas totales por Unidad de Reporte.

Algunos estándares no pueden ser combinados con otros; por lo cual se convierten en FACTORES directamente después de añadirles las Tolerancias.

LISTA DE ESTANDARES

Organización: Dpto. de Contabilidad
Grupo: Sección de Procesamiento
Subgrupo: _____

Hoja: 1 de 1
Fecha: 05-03-95

Estándar N°	Descripción de la Actividad	Unidad de Producción
101	Verificación diaria de Vauchers	Vaucher verificado
102	Mecanografiar lista para corrida de computador	Tarjeta Procesada
103	Etiquetar corrida del computador	Etiqueta Adherida
104	Cotejar tarjetas con corrida del computador	Tarjeta cotejada
105	Mecanografiar sobres	Sobre mecanografiado
106	Cancelar pagos	Pago cancelado

Figura 112

FORMATO DE OBSERVACIONES MMM

ORG/GRUPO: *Sección de Procesamiento*

POSICION: *Procesador*

ANALISTA: *P. Pérez*

STUDIO Nº 1004

FECHA:: *7/3/85*

OPERADOR: *J. Ruiz*

HOJA: *1 de 4*

Intervalo de tiempo 2 min	Estado Número	SP	N	Observaciones	Ocio/Rec. Pausa
	1 00		1		
	2 00		2		
	3 00		3		
	4 00		4		
	5 00		5		
	6 00		6		
	7 00		7		
	8 00		8		
	9 00		9		
	10 00		10		
	11 00		11		
	12 00		12		
	13 00		13		
	14 00		14		
	15 00		15		
	16 00		16		
	17 00		17		
	18 00		18		
	19 00		19		
	20 00		20		
	21 00		21		
	22 00		22		
	23 00		23		
	24 00		24		
	25 00		25		
	26 00		26		
	27 00		27		
	28 00		28		
	29 00		29		
	30 00		30		
	31 00		31		
	32 00		32	Vuelto a las lects	
	33 00		33		
	34 00		34		
	35 00		35		
	36 00		36	Finalizado	
	37 00		37		
	38 00		38		
	39 00		39		
	40 00		40		
	41 00		41		
	42 00		42		
	43 00		43		
	44 00		44		
	45 00		45		
	46 00		46		
	47 00		47		
	48 00		48		
	49 00		49		
	50 00		50	Finalizado las lects	
	51 00		51	Finalizado	
	52 00		52	Tomado café	
	53 00		53	" "	
	54 00		54	" "	
	55 00		55	" "	
	56 00		56	" "	
	57 00		57	" "	
	58 00		58	" "	
	59 00		59	" "	
	60 00		60	" "	

Observaciones Nº

Total Observa

Total

410

735

815

1015

1525

Descripción

Verif de vacueta

Monitoreo de Litos

Eligir

Control Termino

Monitoreo de Litos

Control de Litos

Intervalo Pausa

Intervalo "P"

Figura 113

Estándar N°	DESCRIPCION	Unidad de Producción	Horas Estándar	Frecuencia de Ocurrencia	Horas estándar por de Unidad de Reporte
110	Conciliar correcciones	Línea chequeada	0,0880	339	0,0088
111	Chequear pagos reembolsados	Pago Chequeado	0,4471	104	0,0137
112	Mecanografiar cartas y tarjetas para los clientes	Tarjeta preparada	0,1268	110	0,0041
Aprobado por	Horas estándar totales por Unidad de Reporte Tolerancia por tiempo "N" 5,8% + 100% Horas totales del factor por Unidad de Reporte				
	0,1129 1,058 0,119				

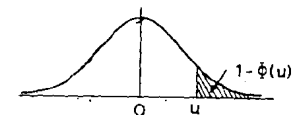
cont... Figura 115

APENDICES

AREAS

CURVA NORMAL

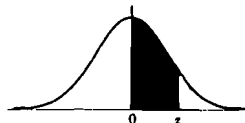
$$1 - \Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^\infty e^{-x^2/2} dx$$

[illegible]

AREAS

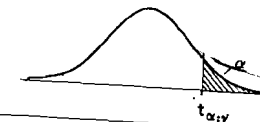
CURVA NORMAL

0 a z



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0754
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2258	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2518	.2549
0.7	.2580	.2612	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2996	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3169	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990
3.1	.4990	.4991	.4991	.4992	.4992	.4992	.4992	.4992	.4993	.4993
3.2	.4993	.4993	.4994	.4994	.4994	.4994	.4994	.4995	.4995	.4995
3.3	.4995	.4995	.4995	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4997
3.4	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4998
3.5	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998
3.6	.4998	.4998	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.7	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.8	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.9	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000

DISTRIBUCION t



$\alpha =$	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
$\nu = 1$	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.31	636.62
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.326	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.213	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.767
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291

[illegible]

TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS (II)

[illegible]

BIBLIOGRAFIA

1. Alvarado, E. Bravo R. Balance de Líneas de Ensamble (Aplicación Práctica). Universidad de Carabobo, Venezuela 1970.
2. Barnes, Ralph Estudio de Movimientos y Tiempos. Ed. Aguilar, Madrid, 1979.
3. Barnes, Ralph Motion and Time Study Problems and Projects. Ed. John Wiley, USA, 1961.
4. Barnes, Ralph Motion and Time Study Applications. Ed. John Wiley, USA, 1961.
5. Barnes, Ralph La Técnica del Muestreo aplicada al Estudio del Trabajo. Ed. Aguilar, España, 1962.
6. Bowman, E.H. Assembly Line Balancing by Linear Programming. Operations Research. May-June, 1960.
7. Burgos, Fernando Ingeniería de Métodos. Universidad de Carabobo, Venezuela, 1972.
8. Burgos, Fernando Ingeniería de Métodos. Universidad Nacional Abierta, Venezuela, 1983.

9. Cardiel M. Luis Tiempos y Tareas. Ed. Limusa Wiley, México, 1971.
10. Carzo-Bolz-Young Production Handbook. Ed. Ronald, USA, 1972.
11. Cornman, Guy..... Fatigue Allowances: A systematic approach. Journal of Industrial Engineering, April, 1970.
12. Grandjean, E. Fitting the task to the man. An Ergonomic approach. Ed. Taylor and Francis, London, 1975.
13. Harmon Roy. Peterson Leroy... Reinventing the Factory (Productivity breakthrough in Manufacturing Today). Ed. Free Press. 1990.
14. Held. M; Karp. R M; Assembly Line Balancing-Dynamic Programming with Precedence Constraints. Operations Research May-June 1963.
15. Helgeson, W.B, Birnie, D.P. Assembly Line Balancing using the Ranked Positional Weight Technique. Journal of Industrial Engineering, Nov-Dec, 1961.
16. Hoffman, T.R. Assembly Line Balancing with a Precedence Matrix. Management Science, July, 1963.
- 17 Jackson, J.R. A Computing Procedure for a Line Balancing Problem. Management. Science, April, 1956.
18. Kazarian, E. Work Analysis and design for Hotels, Restaurants and Institutions. Ed. Avi, USA, 1969.

19. Kilbridge, Maurice; Wester, Leon.. A Heuristic method of Assembly Line Balancing. Journal of Industrial Engineering, Jul-Aug, 1961.
20. Krick, Edward Ingeniería de Métodos. Ed. Limusa. México, 1980.
21. Mansoor, E.M. Assembly Line Balancing. An Improvement on the Ranked Positional Weight Technique. Journal of Industrial Engineering. March-April 1964.
22. Maynard, H.B. Industrial Engineering Handbook Ed. McGraw Hill, USA, 1963.
23. Moore James. B. Plant Layout and Design. The Macmillan Company. 1962.
24. Moodie, C.L. Young H.H. A Heuristic Method of Assembly Line Balancing for Assumptions of Constant or Variable Work Element Times. Journal of Industrial Engineering. Jan-Feb. 1965.
25. Niebel, Benjamin Motion and Time Study, Ed. Irwin, USA, 1972.
26. Niebel, Benjamin Ingeniería Industrial, Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería, México 1980.
27. Oficina Internacional del Trabajo... Introducción al Estudio del Trabajo. Ed. Journal of Geneve, Suiza, 1071.
28. Quick, J; Duncan, J. Estándares de Tiempo Work Factor. Ed. Cecs, México, 1966.

29. Shingo Shigeo Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka Yoke System. Stamford C.T.: Productivity Press, 1986.
30. Salveson, Me The Assembly Line Balancing Problem. Journal of Industrial Engineering. May-June 1955.
31. Smalley, H; Freeman, J. Hospital Industrial Engineering Ed. Reinhold, USA, 1966.
32. Tonge, F.M. Summamry of a Heuristic Line Balancing Procedure. Management Science, Oct. 1960
33. Trujillo, J.J. Elementos de Ingeniería Industrial. Ed. Limusa-Wiley. México, 1970.
34. Whitmore, Dennis Work Measurment. Ed. Heinemann, Gran Bretaña, 1975.
35. Whitmore, Dennis Work Study and related Management Services. Ed. Heinemann. Gran Bretaña, 1976.
36. Nedwider Chester Timing those group operations. Industrial Engineering. Dec. 1976.
37. Overby, Michael..... Technique for group time measurement simplifies Indirect Labor Observations. Industrial Engineering, July 1983.

INGENIERÍA DE MÉTODOS

Ing. Fernando Burgos Vivas

Se terminó de imprimir
en el mes de mayo 2002,
en los Talleres de: Clemente Editores, C.A.
Edición de 500 ejemplares.
Telf.: (0241) 8334747 - 8336997
e-mail: clemente_editores@cantv
Valencia - Venezuela