



Introducción a los Modelos de Control de Inventario

En la gestión de la cadena de suministro, el control de inventario emerge como una de las funciones más críticas y estratégicas. Un inventario bien gestionado asegura la disponibilidad de productos para satisfacer la demanda del cliente, evita rupturas de stock que pueden derivar en pérdidas de ventas y reputación, y, a su vez, minimiza los costos asociados con el almacenamiento, la obsolescencia y el manejo de los bienes. La paradoja reside en mantener un equilibrio delicado: evitar tanto el exceso como la escasez. Un inventario excesivo inmoviliza capital y genera gastos de mantenimiento, mientras que un inventario insuficiente puede paralizar la producción o la venta.

Para navegar esta complejidad, las organizaciones recurren a modelos de control de inventario, que son herramientas cuantitativas diseñadas para optimizar las decisiones sobre cuándo y cuánto pedir. Estos modelos no solo se basan en datos históricos, sino que también incorporan variables como los costos de pedido, los costos de mantenimiento y la variabilidad de la demanda. Como señalan Chase et al. (2018), "la administración de inventarios tiene que ver con la obtención de la cantidad correcta de inventario en el lugar correcto en el momento correcto" (p. 509).

Inicialmente, se abordará la conceptualización de pronóstico y demanda, elementos pilares sobre los cuales se construyen todos los modelos de inventario. Comprender cómo predecir la demanda futura y reconocer sus patrones es el primer paso para una gestión eficaz. Posteriormente, se profundizará en la Cantidad Óptima de Pedido (EOQ), un modelo determinístico clásico que permite calcular la cantidad ideal a solicitar para minimizar los costos totales de inventario.

Continuando, se examinará el concepto de Nivel de Servicio, que cuantifica la probabilidad de satisfacer la demanda a partir del inventario disponible, un factor crucial para equilibrar los costos con la satisfacción del cliente. Finalmente, la guía explorará los modelos determinísticos adicionales, como el descuento por volumen, y se adentrará en los modelos probabilísticos, que son esenciales para gestionar la incertidumbre de la demanda mediante enfoques de revisión continua y revisión periódica. Esta sección es vital, ya que la realidad empresarial rara vez presenta una demanda constante y predecible.

La correcta aplicación de estos modelos permite a las empresas reducir significativamente sus costos operativos, mejorar la eficiencia de sus procesos logísticos y, en última instancia, fortalecer su posición competitiva en el mercado global.

Objetivos de la Guía de Estudio

Al finalizar el estudio de esta guía, los estudiantes estarán en capacidad de:

1. Conceptualizar los principios fundamentales del pronóstico y la demanda como base para la gestión de inventarios.
2. Definir y aplicar la fórmula de la Cantidad Óptima de Pedido (EOQ) para determinar la cantidad económica de adquisición, así como resolver ejercicios prácticos asociados.
3. Calcular e interpretar el nivel de servicio al cliente, comprendiendo su impacto en las decisiones de inventario.
4. Identificar y diferenciar los modelos de control de inventario determinísticos, como la cantidad económica de pedido y el descuento por volumen, y aplicar sus principios en escenarios específicos.
5. Analizar y aplicar los modelos de control de inventario probabilísticos, incluyendo los sistemas de revisión continua y revisión periódica, para gestionar la incertidumbre en la demanda.



Conceptualización de Pronóstico y Demanda

En el núcleo de toda decisión de inventario y gestión de la cadena de suministro se encuentran el pronóstico y la demanda. Comprender estos dos conceptos, y la intrínseca relación entre ellos, es vital para operar eficientemente y satisfacer las expectativas del cliente. No se puede gestionar eficazmente lo que no se anticipa o lo que no se entiende en su totalidad.

La Demanda: El Motor de la Cadena de Suministro

La demanda se define, en el contexto de la cadena de suministro, como la cantidad de un bien o servicio que los clientes están dispuestos y son capaces de adquirir en un periodo determinado y a un precio específico. Es el punto de partida para todas las operaciones, desde la adquisición de materias primas hasta la planificación de la capacidad de producción y la distribución final. La naturaleza de la demanda puede variar considerablemente; puede ser independiente, es decir, no relacionada con la demanda de otros artículos (como los productos terminados que un cliente final compra), o dependiente, que está directamente ligada a la demanda de otro artículo (por ejemplo, la demanda de llantas es dependiente de la demanda de automóviles).

Asimismo, la demanda puede presentar diversos patrones, los cuales son cruciales para su pronóstico. Entre los patrones más comunes se encuentran:

Demanda constante o estable: Caracterizada por fluctuaciones mínimas a lo largo del tiempo.

Demanda con tendencia: Muestra un aumento o disminución constante a lo largo del tiempo (crecimiento o declive).

Demanda estacional: Presenta picos y valles recurrentes en periodos fijos (semanales, mensuales, anuales), influenciados por factores como festividades, clima o temporadas de ventas.

Demanda cíclica: Similares a los estacionales, pero con periodos más largos e irregulares, a menudo vinculados a ciclos económicos.

Demanda aleatoria o errática: Sin un patrón discernible, influenciada por eventos impredecibles.

El análisis de estos patrones permite a las empresas tomar decisiones informadas sobre los niveles de inventario, la capacidad de producción y las estrategias de reabastecimiento.

El Pronóstico: Anticipando el Futuro

El pronóstico, por su parte, es el proceso de estimar eventos futuros utilizando datos pasados y técnicas cuantitativas o cualitativas. En la gestión de inventarios, el pronóstico de la demanda es fundamental, ya que proporciona una base sobre la cual se toman decisiones críticas como la cantidad de productos a fabricar, el volumen de materias primas a comprar y el personal necesario. Según Krajewski et al. (2019), "el pronóstico es una predicción de eventos futuros que se utiliza con fines de planificación" (p. 251). Es importante subrayar que un pronóstico nunca es una certeza; es una estimación que inherentemente contiene cierto grado de error.

Existen dos categorías principales de métodos de pronóstico:

Métodos cualitativos: Se basan en el juicio, la opinión experta, la intuición y la experiencia cuando los datos históricos son escasos o inexistentes. Ejemplos incluyen el método Delphi, encuestas de mercado y juicios de la gerencia. Son útiles para introducir nuevos productos o en mercados volátiles.

Métodos cuantitativos: Emplean modelos matemáticos y datos históricos para predecir el futuro. Son adecuados cuando se dispone de datos confiables y la situación es relativamente estable. Estos métodos se subdividen en:

Series de tiempo: Analizan patrones históricos de la demanda a lo largo del tiempo. Aquí encontramos técnicas como los promedios móviles, el suavizado exponencial y la descomposición de series de tiempo (para identificar tendencias y estacionalidad).

Modelos causales: Buscan identificar relaciones de causa y efecto entre la demanda y otras variables. La regresión lineal es un ejemplo común, donde la demanda se predice en función de factores como la publicidad, el precio o las condiciones económicas.

La selección del método de pronóstico adecuado depende de factores como la disponibilidad de datos históricos, la precisión requerida, el horizonte de tiempo del pronóstico y los recursos disponibles. Un pronóstico preciso es la piedra angular para minimizar los costos de inventario y asegurar un alto nivel de servicio al cliente.

En síntesis, la demanda es lo que impulsa las operaciones, y el pronóstico es la herramienta que nos permite anticipar esa demanda con la mayor precisión posible, sentando las bases para una gestión de inventarios efectiva.

Métodos Cuantitativos de Pronóstico

Como se mencionó, los métodos cuantitativos emplean datos históricos y modelos matemáticos para proyectar la demanda futura. Dentro de la categoría de series de tiempo, los promedios móviles y el suavizado exponencial son herramientas ampliamente utilizadas por su relativa simplicidad y efectividad en diversas situaciones.

Promedio Móvil Simple

El método de promedios móviles (Moving Averages, MA) es una técnica de pronóstico sencilla que se utiliza para suavizar fluctuaciones en los datos históricos y revelar patrones subyacentes, como tendencias o ciclos. Su premisa fundamental es que la demanda futura será similar al promedio de la demanda observada en un número específico de periodos recientes. Este método es particularmente útil cuando la demanda es relativamente estable o presenta fluctuaciones aleatorias, y no hay una tendencia o estacionalidad pronunciada.

Conceptualización:

La idea central es "promediar" los datos más recientes para eliminar el "ruido" o las variaciones aleatorias. Al "mover" el promedio (es decir, incluir el dato más reciente y desechar el más antiguo de la ventana de tiempo), el pronóstico se actualiza continuamente, reflejando las condiciones recientes del mercado. La longitud del periodo (N) seleccionado para el promedio es crucial: un N pequeño reacciona rápidamente a los cambios en la demanda, pero es más susceptible a fluctuaciones aleatorias; un N grande proporciona un pronóstico más suave y estable, pero reacciona más lentamente a los cambios reales en la demanda.

Fórmula:

La fórmula para el promedio móvil simple (F_t) es:

$$F_t = \frac{\sum_{i=t-N}^{t-1} D_i}{N}$$

Donde:

- F_t = Pronóstico para el periodo t



- D_i = Demanda real del periodo i (períodos anteriores)
- N = Número de periodos a incluir en el promedio

Proceso Metodológico y Ejemplo

Consideremos una empresa de comercio electrónico que vende audífonos y necesita pronosticar su demanda mensual para los próximos periodos.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Demanda	120	110	130	100	140	120	150

Paso 1: Seleccionar el número de periodos (N).

Para este ejemplo, utilizaremos un promedio móvil de 3 periodos ($N=3$).

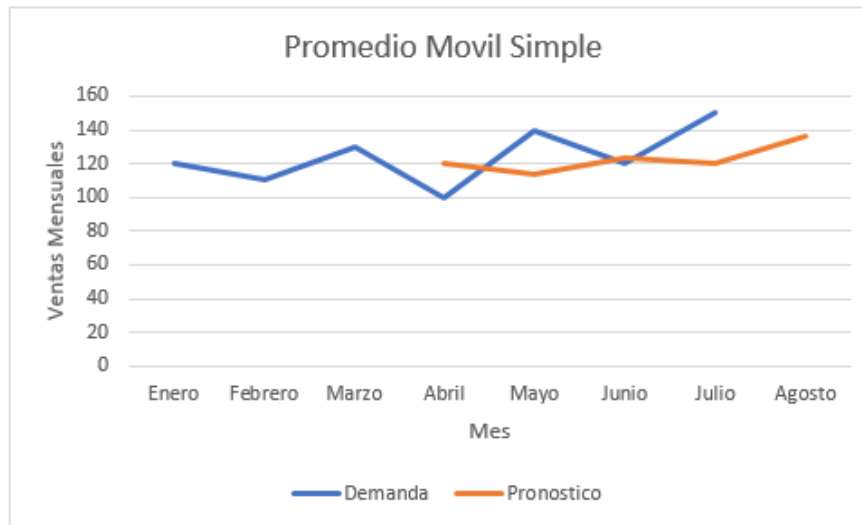
Paso 2: Calcular el pronóstico para los periodos sucesivos.

- Pronóstico para Abril (usando Enero, Febrero, Marzo): $F_{Abril} = (120 + 110 + 130) / 3 = 120$ unidades
- Pronóstico para Mayo (usando Febrero, Marzo, Abril): $F_{Mayo} = (110 + 130 + 100) / 3 = 113.33 \approx 113$ unidades
- Pronóstico para Junio (usando Marzo, Abril, Mayo): $F_{Junio} = (130 + 100 + 140) / 3 = 123.33 \approx 123$ unidades
- Pronóstico para Julio (usando Abril, Mayo, Junio): $F_{Julio} = (100 + 140 + 120) / 3 = 120$ unidades
- Pronóstico para Agosto (usando Mayo, Junio, Julio): $F_{Agosto} = (140 + 120 + 150) / 3 = 136.67 \approx 137$ unidades

Periodo	Demanda	Pronostico	Error	Erro Absoluto
Enero	120			
Febrero	110			
Marzo	130			
Abril	100	120,00	-20,00	20,00
Mayo	140	113,33	26,67	26,67
Junio	120	123,33	-3,33	3,33
Julio	150	120,00	30,00	30,00
Agosto		136,67		

Error Promedio 8,33

Error Absoluto Promedio 20,00



Análisis

El pronóstico para agosto, basado en los últimos tres meses, es de 137 unidades aproximadamente. El promedio móvil es fácil de entender e implementar. Sin embargo, su principal desventaja es que no considera la tendencia si esta existe en los datos, y asigna el mismo peso a todos los datos dentro de la ventana de N periodos.

Promedio Móvil Ponderado

El método de promedio móvil ponderado (Weighted Moving Average, WMA) es una extensión del promedio móvil simple. Si bien el promedio móvil simple asigna el mismo peso a cada uno de los datos dentro del periodo de N observaciones, el promedio móvil ponderado reconoce que los datos más recientes suelen ser más relevantes para predecir la demanda futura. Por lo tanto, este método permite asignar pesos específicos a cada periodo, siendo la suma de estos pesos igual a 1 (o 100%). Es particularmente útil cuando se sospecha que la tendencia reciente es un mejor indicador del futuro que los datos más antiguos dentro del periodo seleccionado.

Conceptualización:

La clave del promedio móvil ponderado reside en la asignación de pesos. Cuanto mayor sea el peso asignado a un periodo, mayor será su influencia en el pronóstico final. La elección de estos pesos es crucial y, a menudo, se basa en la experiencia, el juicio experto o la optimización a través de pruebas para ver qué combinación de pesos produce el menor error de pronóstico histórico. Por ejemplo, podríamos dar un peso del 50% al mes más reciente, 30% al penúltimo mes y 20% al antepenúltimo.

Fórmula:

La fórmula para el promedio móvil ponderado (F_t) es:

$$F_t = \sum_{i=1}^N (w_i * D_{t-i})$$

Donde:

- F_t = Pronóstico para el periodo t

- w_i = Peso asignado a la demanda del periodo i (siendo $i=1$ el más reciente, $i=2$ el penúltimo, y así sucesivamente), tal que $\sum w_i=1$
- D_{t-i} = Demanda real del periodo $t-i$

Proceso Metodológico y Ejemplo:

Retomemos el ejemplo de la empresa de comercio electrónico que vende audífonos y sus datos de demanda mensual:

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Demanda	120	110	130	100	140	120	150

Paso 1: Seleccionar el número de periodos (N) y asignar los pesos.

Para este ejemplo, utilizaremos un promedio móvil ponderado de 3 periodos ($N=3$). Asignaremos los siguientes pesos, dando más importancia a los datos más recientes:

- Mes más reciente (periodo $t-1$): Peso = 0.50 (50%)
- Penúltimo mes (periodo $t-2$): Peso = 0.30 (30%)
- Antepenúltimo mes (periodo $t-3$): Peso = 0.20 (20%)

Verificamos que la suma de los pesos es $0.50+0.30+0.20=1.00$.

Paso 2: Calcular el pronóstico para los periodos sucesivos.

- Pronóstico para Abril (usando Enero, Febrero, Marzo con sus pesos):

$$F_{\text{Abril}} = (0.20 \times D_{\text{Enero}}) + (0.30 \times D_{\text{Febrero}}) + (0.50 \times D_{\text{Marzo}})$$

$$F_{\text{Abril}} = (0.20 \times 120) + (0.30 \times 110) + (0.50 \times 130)$$

$$F_{\text{Abril}} = 24 + 33 + 65 = 122 \text{ unidades}$$

- Pronóstico para Mayo (usando Febrero, Marzo, Abril con sus pesos):

$$F_{\text{Mayo}} = (0.20 \times D_{\text{Febrero}}) + (0.30 \times D_{\text{Marzo}}) + (0.50 \times D_{\text{Abril}})$$

$$F_{\text{Mayo}} = (0.20 \times 110) + (0.30 \times 130) + (0.50 \times 100)$$

$$F_{\text{Mayo}} = 22 + 39 + 50 = 111 \text{ unidades}$$

- Pronóstico para Junio (usando Marzo, Abril, Mayo con sus pesos):

$$F_{\text{Junio}} = (0.20 \times D_{\text{Marzo}}) + (0.30 \times D_{\text{Abril}}) + (0.50 \times D_{\text{Mayo}})$$

$$F_{\text{Junio}} = (0.20 \times 130) + (0.30 \times 100) + (0.50 \times 140)$$

$$F_{\text{Junio}} = 26 + 30 + 70 = 126 \text{ unidades}$$

- Pronóstico para Julio (usando Abril, Mayo, Junio con sus pesos):

$$F_{\text{Julio}} = (0.20 \times D_{\text{Abril}}) + (0.30 \times D_{\text{Mayo}}) + (0.50 \times D_{\text{Junio}})$$

$$F_{\text{Julio}} = (0.20 \times 100) + (0.30 \times 140) + (0.50 \times 120)$$

FJulio=20+42+60=122 unidades

- Pronóstico para Agosto (usando Mayo, Junio, Julio con sus pesos):

FAgosto=(0.20×DMayo)+(0.30×DJunio)+(0.50×DJulio)

FAgosto=(0.20×140)+(0.30×120)+(0.50×150)

FAgosto=28+36+75=139 unidades

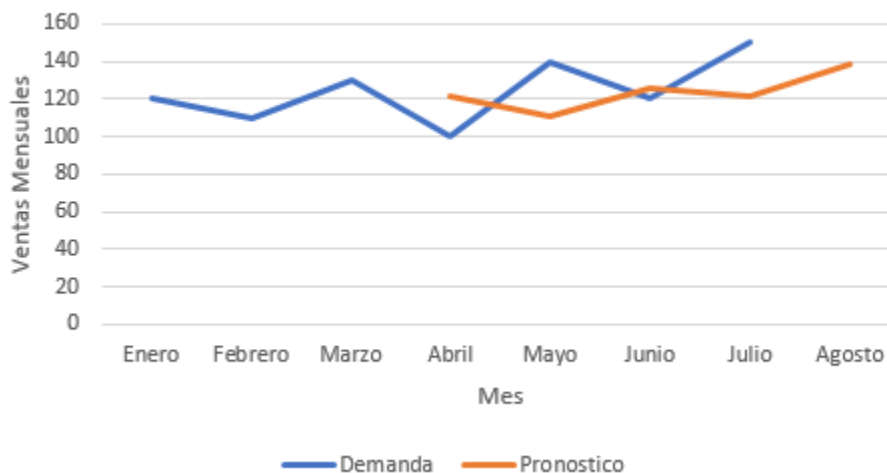
Periodo	Demanda	Pronostico	Error	Erro Absoluto
Enero	120			
Febrero	110			
Marzo	130			
Abril	100	122,00	-22,00	22,00
Mayo	140	111,00	29,00	29,00
Junio	120	126,00	-6,00	6,00
Julio	150	122,00	28,00	28,00
Agosto		139,00		

t	w
1	0,2
2	0,3
3	0,5

Error Promedio 7,25

Error Absoluto Promedio 21,25

Promedio Movil Ponderado



Análisis

El pronóstico para agosto, utilizando un promedio móvil ponderado con los pesos definidos, es de 139 unidades. En comparación con el promedio móvil simple (137 unidades) para el mismo periodo, el resultado es ligeramente diferente, lo que subraya la influencia de la metodología y los parámetros elegidos. La ventaja clave del promedio móvil ponderado

es su flexibilidad para adaptarse a situaciones donde se conoce que la información más reciente es más indicativa del futuro. Sin embargo, la asignación de pesos puede ser subjetiva si no se basa en un análisis de errores previos.

Este método, al igual que el promedio móvil simple, no maneja adecuadamente las tendencias o la estacionalidad inherente en una serie de tiempo. Si estos patrones son evidentes, se requerirán métodos más avanzados o ajustes manuales a los pronósticos. La elección del método de pronóstico debe siempre estar alineada con la naturaleza de la demanda y el objetivo específico de la organización.

Suavizado Exponencial

El método de suavizado exponencial (Exponential Smoothing, ES) es una técnica de pronóstico más sofisticada que el promedio móvil, pero sigue siendo relativamente sencilla de implementar. Se caracteriza por dar mayor peso a los datos de demanda más recientes y un peso decreciente a los datos más antiguos, de ahí su nombre "exponencial". Es un método muy popular en la práctica debido a su capacidad de reaccionar a los cambios recientes en la demanda.

Conceptualización:

A diferencia del promedio móvil, que trata todos los datos dentro de la ventana de igual manera, el suavizado exponencial "aprende" del error del pronóstico anterior. La idea es que el pronóstico actual se corrige en función de qué tan grande fue el error del pronóstico anterior. Si el pronóstico anterior fue demasiado bajo, el nuevo pronóstico se ajustará al alza, y viceversa. La velocidad con la que el pronóstico reacciona a los errores es controlada por un factor de suavización alfa (α), cuyo valor oscila entre 0 y 1.

- Un α cercano a 1 (por ejemplo, 0.8 o 0.9) significa que se le da mucho peso a la demanda más reciente y al error del pronóstico anterior, lo que hace que el pronóstico reaccione rápidamente a los cambios. Es útil cuando la demanda es volátil o tiene cambios bruscos.
- Un α cercano a 0 (por ejemplo, 0.1 o 0.2) significa que se le da más peso al pronóstico anterior y menos a la demanda más reciente, lo que resulta en un pronóstico más estable y menos sensible a las fluctuaciones aleatorias. Es adecuado para demandas más estables.

Fórmula:

La fórmula para el suavizado exponencial simple (F_t) es:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - F_{t-1})$$

O, alternativamente:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

Donde:

- F_t = Pronóstico para el periodo t
- F_{t-1} = Pronóstico para el periodo anterior (t-1)
- D_{t-1} = Demanda real del periodo anterior (t-1)
- α = Constante de suavización (alpha), $0 \leq \alpha \leq 1$

Proceso Metodológico y Ejemplo:

Usaremos los mismos datos de la empresa de audífonos. Para el suavizado exponencial, necesitamos un pronóstico inicial (F1) para el primer periodo o, alternatively, podemos usar la demanda real del primer periodo como el primer pronóstico. Para este ejemplo, asumiremos un pronóstico inicial para enero (F_{Enero}) igual a la demanda real de enero, es decir, 120 unidades. También utilizaremos un factor de suavización $\alpha=0.3$.

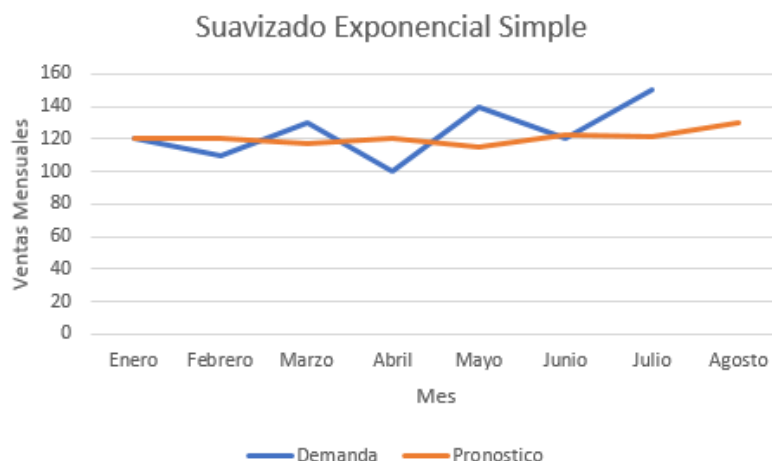
Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Demanda	120	110	130	100	140	120	150

- Pronóstico para Enero: 120 (Asumido)
- Pronóstico para Febrero: $120 + 0.3(120 - 120) = 120$
- Pronóstico para Marzo: $120 + 0.3(110 - 120) = 117$
- Pronóstico para Abril: $117 + 0.3(130 - 117) = 120.9$
- Pronóstico para Mayo: $120.9 + 0.3(100 - 120.9) = 114.63$
- Pronóstico para Junio: $114.63 + 0.3(140 - 114.63) = 122.24$
- Pronóstico para Julio: $122.24 + 0.3(120 - 122.24) = 121.57$
- Pronóstico para Agosto: $121.57 + 0.3(150 - 121.57) = 130.10$

Periodo	Demanda	Pronostico	Error	Erro Absoluto	Alpha
Enero	120	120			0,3
Febrero	110	120,00			
Marzo	130	117,00			
Abril	100	120,90	-20,90	20,90	
Mayo	140	114,63	25,37	25,37	
Junio	120	122,24	-2,24	2,24	
Julio	150	121,57	28,43	28,43	
Agosto		130,10			

Error Promedio: 7,67

Error Absoluto Promedio: 19,24





Análisis:

El pronóstico para agosto utilizando suavizado exponencial con $\alpha=0.3$ es de 130 unidades

aproximadamente. Este método es más sensible a los cambios recientes que un promedio móvil simple, ya que el peso de los datos disminuye exponencialmente con su antigüedad. La elección del valor de α es crítica y a menudo se determina mediante la minimización de un indicador de error de pronóstico (como el error cuadrático medio).

Consideraciones Clave:

- **Error de Pronóstico:** Ningún pronóstico es perfecto. Es esencial medir y monitorear el error de pronóstico (la diferencia entre la demanda real y el pronóstico) para evaluar la precisión del modelo y ajustarlo si es necesario. Métricas comunes incluyen el Error Absoluto Medio (MAE), el Error Cuadrático Medio (MSE) y el Porcentaje de Error Absoluto Medio (MAPE).
- **Ajuste por Tendencia y Estacionalidad:** Tanto el promedio móvil simple como el suavizado exponencial simple no se ajustan automáticamente a la tendencia o a la estacionalidad. Para series de tiempo con estas características, se requieren extensiones de estos métodos, como el promedio móvil ponderado (para dar más peso a datos recientes), el suavizado exponencial con ajuste por tendencia (Holt's method) o el suavizado exponencial con ajuste por tendencia y estacionalidad (Winters' method).

Referencias Bibliográficas

- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2018). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministro* (15a ed.). McGraw-Hill Education.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2019). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de suministro* (12a ed.). Pearson Educación.