



División de Ciencias Exactas, Ingeniería y Tecnología

Ingeniería en Logística y Transporte

3° Semestre

**Unidad Didáctica:
Inventarios**

Unidad 2. Sistemas de control de inventario

**Clave
TSU 14142314/ LIC 13142314**

Universidad Abierta y a Distancia de México





Unidad 2. Sistema de control de inventarios

Presentación de la unidad

El inventario ha sido considerado durante mucho tiempo en las empresas como un mal necesario, un costo oculto, algo que debe ser reducido a su mínima expresión y en algunas ocasiones hasta como fortaleza competitiva para algunas empresas.

Aunque ciertamente el inventario no contribuye directamente al valor de los productos de la firma y absorben capital que podría ser utilizado en otras inversiones, disponer de altos niveles de inventario también puede ocultar problemas de calidad y de eficiencia, además de correr el riesgo de obsolescencia; también es cierto que permite mejorar el servicio al cliente incrementando la disponibilidad del producto, permite aprovechar economías de escala en la producción de artículos y reducir costos por aprovisionamiento contra la especulación en precios, además de reducir el efecto de eventos inesperados al contar con inventarios de contingencia.

Ciertamente en los 90's se hablaba mucho de los sistemas justo a tiempo o *JIT* por sus siglas en inglés *Just in time* y de las filosofías de 0 inventarios, estos conceptos nos hacen pensar en un escenario ideal en el cual se podrían eliminar simplemente los costos del servicio del almacén y, los sueldos de almacenistas. Pero la realidad se encuentra muy distante de este escenario ideal, si bien una correcta coordinación puede reducir sustancialmente los inventarios, eliminarlos puede ser demasiado complejo o incluso poner en riesgo la operación de una empresa, por lo tanto, es de suma importancia establecer un sistema de control de inventario acorde al nivel de servicio que la empresa desee proporcionar a sus clientes.

Competencia específica

Determinar el nivel de servicio que satisfaga la demanda de productos mediante la aplicación de técnicas de control y gestión de inventarios.

Logros

Describir los principales tipos de demandas.

Elaborar un pronóstico de demanda con base a un caso planteado.

Utilizar un sistema de control de inventarios.

Identificar la influencia de los inventarios en el nivel de servicio al cliente en el abastecimiento de productos.



Unidad 2. Sistemas de control de inventarios

- 2.1 Estudio de la demanda
 - 2.1.1. Tipos de demanda
 - 2.1.2. Técnicas de previsión
 - 2.1.3. Pronósticos de la demanda
- 2.2. Nivel de servicio basado en la demanda
 - 2.2.1. Análisis ABC
 - 2.2.2. Métricas de control de inventarios
 - 2.2.3. Nivel de servicio
- 2.3. Logística para el control de inventarios
 - 2.3.1. Consolidación y centralización de inventarios
 - 2.3.2. Sistemas de codificación
 - 2.3.3. Técnicas del control logístico de inventarios

2.1. Estudio de la demanda

En el ámbito de la economía, la **demanda** se entiende como el número de productos o servicios que los consumidores están dispuestos a adquirir a un precio dado en un periodo determinado de tiempo.

Ejemplos de demanda:

- La cantidad de litros de vino tinto que se compra durante el mes de diciembre.
- Número de teléfonos celulares de un determinado modelo que los clientes compraron durante seis meses.
- La cantidad de autos de cierta marca que se vende durante el año.
- El número de toneladas de maíz que se consumieron en el estado de Oaxaca en los últimos diez años.

Es necesario que ubiques a la **demanda** en el ámbito de la logística y la cadena de suministro con un enfoque diferente y con otras consideraciones pertinentes que analizaremos a continuación.

Estudio de la demanda en el ámbito de la logística y la cadena de suministro

En este ámbito, El estudio de la demanda se profundiza en el conocimiento particular de su perspectiva; es decir, de las necesidades específicas de los satisfactores (productos) que demandan los individuos. En términos coloquiales podríamos decir que la logística y la cadena de suministro buscan conocer las preferencias, gustos, colores y sabores, incluidos los requerimientos de disponibilidad de los productos que cumplen con el máximo de las expectativas (o nivel de servicio) de la demanda. Con lo anterior, se busca sentar las bases para establecer los nuevos modelos de gestión y estrategias de abastecimiento y distribución, para dar paso a los sistemas de fabricación de productos que cumplan con las



necesidades de los consumidores. Reyes (2002), denomina a este proceso como la “evolución tecnológica, que traspasa el núcleo del poder de la oferta a la demanda”.

El estudio de la demanda se profundiza en el conocimiento particular de las necesidades del mercado meta, para definir posteriormente las especificaciones de los satisfactores o productos que demandan los consumidores. Entonces podemos decir que la logística busca con el análisis de la demanda establecer los parámetros que optimicen los procesos en la gestión de áreas administrativas y operativas en toda la cadena de suministro. Reyes (2002), denomina a este proceso como la “evolución tecnológica, que traspasa el núcleo del poder de la oferta a la demanda”.

En términos coloquiales podríamos decir que la logística y la cadena de suministro buscan conocer las preferencias, gustos, colores y sabores, incluidos los requerimientos de disponibilidad de los productos que cumplen con el máximo de las expectativas (o nivel de servicio) de la demanda. Con lo anterior, se busca sentar las bases para establecer los nuevos modelos de gestión y estrategias de abastecimiento y distribución, para dar paso a los sistemas de fabricación de productos que cumplan con las necesidades de los consumidores. Reyes (2002), denomina a este proceso como la “evolución tecnológica, que traspasa el núcleo del poder de la oferta a la demanda”.

En efecto, el poder de decisión en manos del consumidor ha implicado cambios en la gestión de los inventarios con un enfoque de integración de la cadena de suministro, en lo general; y en lo particular, ha permitido el conocimiento más certero del **comportamiento del consumo** de los productos, caracterizado por el tiempo.

En general, el hecho de que un determinado producto puede presentar un consumo más o menos regular a lo largo del año, responder a una temporada específica de tiempo o la combinación de ambos, obliga a determinar las siguientes variables fundamentales de la gestión de inventarios:

- Número de artículos que deberán mantenerse en inventario.
- Tamaño de los lotes.
- Periodicidad de los envíos.
- Tamaño del *stock* de seguridad.

Para determinar las variables fundamentales de análisis es requisito contar con información precisa y oportuna sobre los requerimientos de los clientes finales en el tiempo; sin embargo, es muy común que los eslabones de la cadena de suministro estimen sus pronósticos de ventas, únicamente con base en las órdenes de su cliente directo, sin elaborar estudios serios de demanda que le permitan conocer el tipo de variaciones.

El conocimiento de las variaciones de la demanda y de los factores que la afectan, permite hacer mejores estimaciones de los inventarios que debemos mantener para cada producto, determinar cuánto y en qué momento ordenar, incluso dónde ubicarlos, etc.



Es importante tener en cuenta que la administración de inventarios no es solamente una cuestión operativa, sino que también es una cuestión financiera, pues al tener un inventario demasiado grande afecta la rentabilidad de la empresa, y tener muy poco puede ocasionar “rupturas de *stock*” y con esto, la pérdida de clientes.

Para encontrar la justa medida de lo que se debe mantener en inventario es necesario conocer y aplicar las técnicas de previsión pertinentes para elaborar los pronósticos de demanda para futuros periodos. Por ello, en los apartados siguientes de esta Unidad Didáctica, revisarás los conceptos de corte teórico más importantes del estudio de la demanda, en donde encontraras como se clasifica demanda, sus técnicas de previsión y de pronóstico.

2.1.1. Tipos de demanda

De acuerdo con Muller (2011), por su origen la demanda puede clasificarse en dos grandes categorías: independiente y dependiente.

- 1. Demanda Independiente.** Está determinada por el mercado, y se conforma por la solicitud de artículos requeridos de manera inmediata (por ej. materia prima, productos terminados, componentes, etc.). Este tipo de demanda suele tener un carácter externo y está, por consiguiente, fuera del control de la empresa. Por ejemplo, los productos de la canasta básica, aparatos electrodomésticos, muebles de oficina, etc.
- 2. Dependiente.** Es aquella que se deriva de otros productos. Entre el mercado y los bienes solicitados existen otros bienes, por ejemplo, los requerimientos de llantas dependen de la demanda de automóviles a razón de cuatro unidades por cada automóvil que se pretende fabricar y en caso de que la llanta de refacción sea de la misma calidad que el resto serian cinco unidades.

De acuerdo con su comportamiento, la demanda puede clasificarse como determinística o probabilística.

- **Determinística.** Es aquella que se conoce con anticipación, donde el cliente nos dice las unidades que va a necesitar; es decir, se conoce a lo largo del horizonte temporal. Un ejemplo es la estrategia que maneja Dell en su modalidad de ventas por internet, donde el cliente diseña el equipo que requiere, la empresa lo fabrica y se lo envía al término de unos días. Ésta puede ser clasificada a su vez por la tasa de demanda, en:
 - ✓ **Estática o uniforme.** La demanda presenta una tasa de consumo que permanece constante en el horizonte de tiempo; es decir, no muestra



fluctuaciones severas. Entre estos se encuentran los productos de higiene y limpieza.

- ✓ **Dinámica o variable.** La demanda varía de período a período, pero se conoce con certeza. Su comportamiento es tendencial, estacional, cíclica y aleatoria.

- **Probabilística.** Es aquella cuando la demanda es incierta o se desconoce sobre un período dado de tiempo. Su descripción se hace a través de una distribución de probabilidad. Este tipo de demanda presenta dos clases de estados:
 - ✓ **Estacionario.** La función de densidad de probabilidad de la demanda se mantiene sin cambios con el tiempo.
 - ✓ **No estacionario.** La función de densidad de probabilidad de la demanda varía con el tiempo.

En términos generales, puede aceptarse que la demanda está en función del tiempo, y de acuerdo con Nahmias (1999) puede presentar alguno de los siguientes comportamientos: tendencial, estacional, cíclica, o aleatoria.

Demanda tendencial

Presenta un patrón estable de crecimiento o declinación a lo largo del tiempo. Un caso de demanda creciente son los equipos de cómputo. Y un caso de demanda en declinación son los artículos de moda o aquellos cuya tecnología ha sido superada por una más avanzada.

Demanda estacional

La estacionalidad es un patrón que se repite a intervalos fijos. Agrega que, en series temporales, el patrón puede ser el que se repite cada año, mes, semanal o diario. Ejemplo de ellos, son la moda de ropa, el consumo de helados, los combustibles para la calefacción. El consumo eléctrico muestra un fuerte patrón durante el día.

Demanda cíclica

Se parece a la estacional, excepto que la longitud y la magnitud pueden variar. Se asocian a ciclos con variaciones económicas de largo plazo, que pueden presentarse, además de las fluctuaciones.

Demanda aleatoria

No existe un patrón reconocible en los datos. Tiende a variar sin que exista una razón identificada que explique los incrementos o decrementos de la demanda. Pueden generarse patrones al azar que con frecuencia parecen tener una estructura.

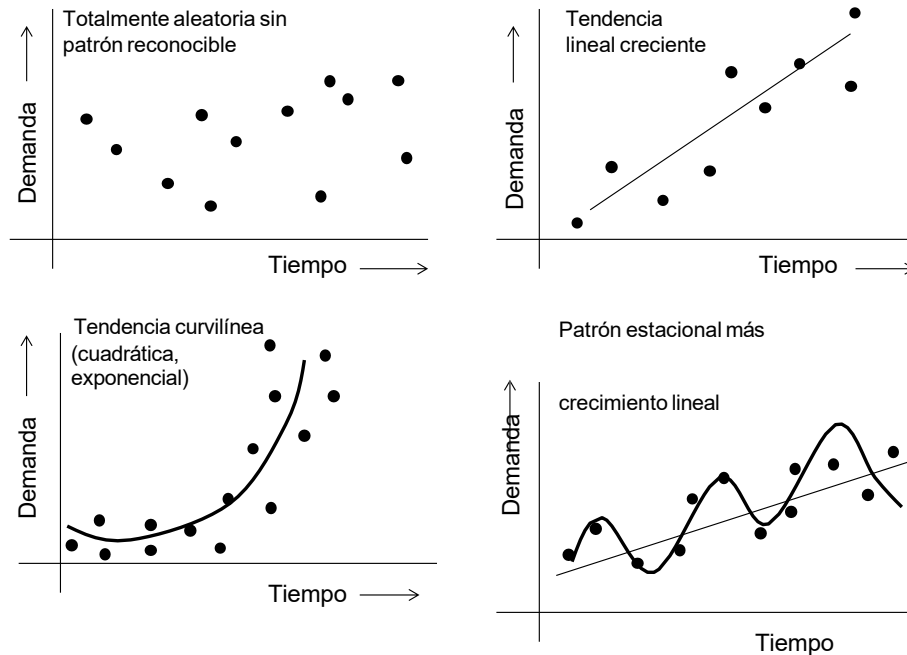


Figura. Patrones de series de tiempo

Fuente: Nahmias (1999)

La clasificación de la demanda es muy importante porque permite caracterizar y explicar las diferentes condiciones y variables que influyen en su comportamiento, lo que ayuda a seleccionar la mejor técnica para estudiar su comportamiento futuro. Precisamente a continuación te explicamos algunas de las técnicas para la previsión de la demanda.

2.1.2. Técnicas de previsión

En términos generales, la **previsión** se define como “el análisis de la información relevante del presente y del pasado, ponderando probables desarrollos futuros de tal manera que puedan determinarse los cursos de acción (planes) que posibiliten a la organización para el logro de objetivos” (AulaFacil.com). En el marco de la gestión de inventarios, debe entenderse como la técnica que nos permite definir la cantidad requerida de producto basado en una necesidad futura permanente definida, diferenciándose del stock de seguridad, por el hecho que la **previsión** pretende atender una demanda que se conoce con certeza razonable y por lo tanto, involucra un menor riesgo (Sastra, 2011).

Las técnicas de previsión de inventarios son metodologías que hacen uso de herramientas cuantitativas o cualitativas que nos llevan a obtener estimaciones sobre el número de productos que una compañía puede vender o mantener en inventario en un periodo futuro con el fin de planear de manera alineada todas las operaciones de la empresa.

De acuerdo con De la Fuente, y otros (1995), los métodos o técnicas de previsión pueden dividirse en dos grandes grupos; I) técnicas cuantitativas, que necesitan de una serie histórica de datos; y II) técnicas cualitativas.



Técnicas cuantitativas

Bowerman, y Oconnell (2007), indican que las técnicas cuantitativas pueden subdividirse en: **técnicas de series de tiempo** y **causales**. Las primeras suponen que la serie histórica tiene un patrón o combinación de patrones que se repiten con el tiempo, a este tipo de técnicas están dedicados los primeros apartados que se podrían agrupar como "Técnicas elementales de previsión". Las segundas suponen que el valor de una variable está en función de otra. Entre estas técnicas podemos citar las siguientes:

- I.1. Enfoque simple.
- I.2. Media simple.
- I.3. Promedios móviles.
- I.4. Promedio móvil ponderado.
- I.5. Suavización exponencial.
- I.6. Suavización exponencial con ajuste de tendencial
- I.7. Método multiplicativo estacional.
- I.8. Análisis de regresión lineal (método causal).

Técnica de series de tiempo

Con frecuencia se les llama "métodos ingenuos" porque no requieren de información adicional a los valores del pasado, de la variable que se va a predecir. Serie de tiempo se le denomina así a una frecuencia de datos uniformemente espaciada. La idea de estos métodos es que se puede inferir el comportamiento de las observaciones pasadas y se puede usar para pronosticar valores futuros de la serie. Se utilizan para estudiar los patrones de comportamiento de la demanda tendencial, estacional, cíclica y aleatoria, antes descritos.

I.1. Enfoque simple

En términos generales, este método supone que la demanda del siguiente período tendrá un comportamiento similar al último. Son estimaciones subjetivas y se basan más en la experiencia del individuo. Por ejemplo, puede utilizarse para predecir los precios de la canasta básica, acciones, valor de los insumos, etc.

I.2. Promedio simple

Es simple porque este método deriva un valor futuro promedio de los valores del pasado. Se dice que es amortiguador, porque no se presentan grandes saltos en los resultados. Desde luego se requiere los datos históricos del problema.

I.3. Promedios móviles

Se obtienen del promedio aritmético de las N observaciones más recientes. El número de observaciones recientes se define en función de la influencia que se desee tenga la



predicción del pasado. Si N es pequeña, la predicción seguirá un rumbo similar a los últimos valores; pero si N es grande, la predicción que se logra amortiguará el comportamiento o variación, es decir, se observará una menor velocidad de cambio.

$$Pm = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^{t-1} Di = \left(\frac{1}{N}\right) (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N})$$

Esta ecuación quiere decir el promedio de las N observaciones más recientes se usan para el pronóstico del siguiente período, siendo Pm el promedio móvil y Di la demanda del período i .

I.4. Promedio móvil ponderado

Para hacer una mejor distribución de la importancia relativa de los datos, este método otorga más peso a los datos recientes. El procedimiento consiste en asignar una ponderación a cada uno de los valores de la demanda y obtener el promedio correspondiente con la siguiente ecuación.

$$Pmp = \sum_{t-1}^n w_t D_t$$

Donde w_t es el peso otorgado a la demanda en cada período, cuyo valor se encuentra entre cero y uno.

$$\sum_{t-1}^n w_t = 1.0$$

Ejemplo. Para Tirewell, el pronóstico de las ventas de llantas en diciembre utilizando un modelo de tres periodos con el supuesto de que la demanda del periodo más reciente tenga un mayor peso que los dos periodos anteriores, tendrá la siguiente forma.

$$Pmp = \sum_{t-1}^n w_t D_t = 0.15(250) + 0.35(280) + 0.5(310)$$

I.5. Suavización exponencial

Es un método para pronosticar series de tiempo. El pronóstico actual es el promedio ponderado del último promedio y el valor real de la demanda. Esto es:

Nuevo pronóstico = α (observación real de la demanda) + $(1-\alpha)$ (último pronóstico)

Matemáticamente se representa de la siguiente manera:

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

Donde $0 < \alpha < 1$ es la constante de suavizamiento que determina el peso relativo, o factor de ponderación, que se asigna a la observación actual de la demanda. La expresión $(1-\alpha)$



se interpreta como el peso que se le asigna a las observaciones pasadas de la demanda. Con un arreglo sencillo, la ecuación puede escribirse como sigue:

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

Escrita así, la ecuación puede interpretarse como sigue: el pronóstico en cualquier período t es el pronóstico en el período $t-1$, menos cierta fracción del error observado del pronóstico en el período $t-1$. Analizado esta ecuación, podríamos preguntarnos por qué tener en cuenta para un pronóstico un valor pronosticado en el pasado en lugar de utilizar un valor real. Para encontrar la respuesta, basta con extender la expresión reemplazando progresivamente la expresión F_{t-1} . Como antes, F_t es el pronóstico un paso adelante para el período t hecho en el período $t-1$, observa como:

$$F_{t-1} = \alpha D_{t-2} + (1 - \alpha)F_{t-2}$$

Sustituyendo esta ecuación en la expresión original, podemos obtener:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)D_{t-2} + (1 - \alpha)F_{t-2}$$

Ahora habrá que sustituir F_{t-2} en la misma forma. Continuamos el desarrollo infinito de F_t .

$$F_t = \alpha D_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)D_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{t-3} + \alpha(1 - \alpha)^3 D_{t-4} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{t-1} D_0$$

Lo anterior, demuestra que en realidad lo que se está ponderado son los valores reales anteriores, pero en forma suavizada. O sea que F_{t-1} está contenida en toda la información histórica. En resumen, esta ecuación puede observarse de la siguiente manera:

$$F_t = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha(1 - \alpha)^i D_{t-i-1} = \sum_{i=0}^{\infty} a_i D_{t-i-1}$$

Donde $a_0 > a_1 > \dots > a_i = \alpha(1 - \alpha)^i$, y

$$\sum_{i=0}^{\infty} a_i = \sum_{i=0}^{\infty} \alpha(1 - \alpha)^i = \alpha \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \alpha)^i = \alpha \left(\frac{1}{1 - (-\alpha)} \right) = 1$$

Por consiguiente, el suavizamiento exponencial aplica un conjunto de factores de ponderación decreciente a todos los datos en el pasado.

1.6. Suavización exponencial con ajuste de tendencial

Es una extensión de refinamiento del método anterior, donde se le suma al pronóstico suavizado exponencialmente F_t , una tendencia también suavizada exponencialmente

$$FIT_t = F_t + T_t$$

Estos términos se calculan de la siguiente manera:

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

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$



I.7. Método multiplicativo estacional

Este método ayuda a identificar y estimar el componente estacional de la demanda con el propósito de planificar mejor la capacidad de las empresas. Render (2004), nos dice que “en este método los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio para producir un pronóstico real”. En el fondo, se busca eliminar la tendencia de los datos, con la finalidad de evitar que se distorsione la magnitud de los datos estacionales, y sus pasos para aplicarlos son los siguientes:

1. Encontrar la **demanda histórica promedio** de cada estación, sumando la demanda de cada periodo y dividiendo entre el número total de ellos.
2. Calcular la **demanda total promedio** de todas las estaciones.
3. Calcular el índice estacional de cada estación dividiendo la **demanda histórica promedio** de cada estación entre la **demanda total promedio**.
4. Estimar la **demanda total** del período siguiente (por ejemplo, puedes utilizar el método de suavización exponencial con ajuste de tendencia).
5. Calcular el pronóstico de cada estación multiplicando la **demanda total** del período siguiente por el **índice estacional**.

I.8. Análisis de regresión lineal (método causal)

Este método considera en forma específica una tendencia en los datos. En términos generales, el análisis de regresión lineal ajusta una recta o un conjunto de datos, utilizando para ello el método de los mínimos cuadrados. Supone una relación lineal entre las variables (por ejemplo: demanda contra tiempo, demanda contra producto bruto interno, demanda contra consumo) para determinar los parámetros de ajuste. En este caso no se desarrollará el procedimiento porque éste seguramente se abordó o abordará en la Unidad Didáctica de estadística básica; además, en el Excel este análisis es muy fácil de aplicar. Sin embargo, conviene recordarte que el coeficiente de correlación R y R^2 , nos indica el nivel o grado de dependencia que existe entre las variables. Un valor cercano a 0 no quiere decir que no exista correlación, sino más bien que no hay una fuerte correlación lineal. En este caso, enunciaremos las ecuaciones del método de mínimos cuadrados empleadas para definir los parámetros de pronóstico.

La ecuación general de pronóstico es: $\hat{y} = a + bx$. \equiv

$$b = \frac{\sum_i^n X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{(\sum_i^n X_i) - n (\bar{X})^2} \quad a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

Técnicas cualitativas

Cuando no se dispone de información suficiente o el problema es complejo en su estructura, las técnicas cualitativas son de gran ayuda. Este tipo de técnicas principalmente se basan en el juicio de valor de las personas o grupo de personas que realizan un análisis sobre determinada situación, considerando o no la información que se tenga sobre el pasado. Nahmias (1999), identifica cuatro enfoques que han sido desarrollados para realizar



estudios de demanda: II.1) agregados de la fuerza de ventas; II.2) encuesta entre consumidores; II.3) opinión de un jurado de ejecutivos; y II.4) el método Delphi.

II.1. Agregados de la fuerza de ventas

Dado que se encuentra en contacto directo con los consumidores, se reconoce que la fuerza de venta es una buena fuente de información subjetiva. Logrando obtener una buena perspectiva de los cambios de preferencias. La técnica sugiere que los miembros de formule sus estimaciones para el siguiente período en contexto que puede ser: pesimista, probable y optimista. Esta información individual es procesada para llegar a pronósticos generales para cada producto, familia, o región geográfica.

II.2. Encuesta entre consumidores

Es una práctica muy común realizar encuestas para conocer las tendencias del futuro, sobre todo, el patrón de cambio de las preferencias. Regularmente se requiere diseñar una muestra para garantizar su efectividad estadística, para evitar sesgos y procurar que sea representativa de la base de clientes.

II.3. Opinión de un jurado de ejecutivos

En este caso, se reúne la opinión de un grupo de expertos de alto nivel o directivos, que expresan sus comentarios sobre el futuro comportamiento de la demanda. La opinión experta puede ser la única fuente de información para preparar los pronósticos. La desventaja de este método, podría ser que no haya mucha gente experta conocedora del tema. En tal virtud, los pronósticos podrían verse afectados, en el mejor de los casos, por la opinión sesgada involuntariamente de las personas, y en el peor, por intereses que pueda esconder la posición del experto.

II.4. El método Delphi

Este método, es un proceso iterativo grupal, del cual también se solicita la opinión de un grupo de ejecutivos, pero la diferencia con respecto al método anterior, reside en la forma que se combinan las opiniones individuales. A través de una encuesta, en primer lugar el método requiere que el grupo de expertos exprese sus opiniones de preferencia. Posteriormente dicha opiniones se procesan, y se les regresa un resumen de los resultados, destacando especialmente las opiniones que difieren mucho respecto a los promedios de los grupos. Nuevamente se les pregunta si desean reconsiderar sus opiniones originales, de acuerdo con la respuesta del grupo. El proceso se repite hasta que (en el caso ideal) se alcanza un consejo general del grupo. El nombre del método se toma del oráculo de Delfos, en la Grecia antigua, que supuestamente tenía el poder de predecir el futuro. En el fondo el método busca eliminar las limitaciones inherentes a la dinámica de grupos, en las que las personalidades de algunos miembros del grupo dominan a la de los otros miembros.



2.1.3. Pronósticos de la demanda

En la gestión de la producción y las operaciones los pronósticos consisten en estimar la demanda futura y servicios, así como los recursos necesarios para su producción (Gaither, y Frazier, 2000). Para elaborar los pronósticos, debemos hacer uso de las técnicas de previsión antes descritas, sin embargo, es conveniente hacer una revisión de algunos conceptos relevantes para su comprensión. A continuación, trataremos el tema identificando su clasificación, sus características, la forma de cómo seleccionar la técnica para según el caso, al final desarrollaremos dos ejercicios de aplicación.

El horizonte de tiempo en los pronósticos

Una forma de clasificar los pronósticos puede hacerse de acuerdo con el horizonte de tiempo: **corto**; **mediano**, y **largo** plazo (Nahmias, 1999). La figura *Horizontes de pronóstico* se muestra tres horizontes de tiempo asociados con el pronóstico y los problemas que los caracterizan.

El pronóstico a **corto plazo** planifica de uno a otro día. Son diseñados para algunos días o semanas. Se utiliza para administrar los inventarios en los planes de producción que se derivan de los sistemas MRP y ERP.

El **mediano plazo** se mide en semanas o meses. Se caracteriza por analizar los patrones de venta de familias de productos, requisitos y disponibilidades de trabajadores, incluyendo los requerimientos de recursos.

Las decisiones a **largo plazo** están más orientadas a la estrategia general de la empresa, por ejemplo, cuando se espera un aumento o reducción de la demanda, debe planearse nuevas instalaciones o reestructurar las actuales. Por ejemplo, Block Boster, tuvo que reducir sus instalaciones por el surgimiento de tecnología de reproducción de películas ilegales.



Figura. Horizontes de pronóstico en planeación de operaciones

Fuente: Nahmias, (1999)

Clasificación de los pronósticos por su alcance

De acuerdo con Bowerman y Oconnell (2007), existen dos tipos de pronósticos: **puntuales** y de **intervalos de predicción**. El primero plantea el pronóstico de un solo número que representa la mejor predicción (o conjetura) del valor real de la variable que se quiere pronosticar; el segundo, es un conjunto de números que se calcula de modo que se tiene la confianza (por ejemplo, 95%) de que el valor real estará contenido en ese intervalo. Por ejemplo, una empresa fabricante de zapatos, tiene registro de sus ventas hasta la semana 150. Utilizando una técnica de las vistas anteriormente, con un intervalo de confianza del 95% estimaron en un **pronóstico puntal** de ventas en la semana 151 de 865 pares, y en un **pronóstico de intervalo**, calcularon [825, 986 pares]. Con base en estos números, el fabricante de zapatos tiene confianza al 95% de que las ventas no serán menores a 825, podrá asumir que sus ventas no serán mayores a 986 pares, lo que permitirá a determinar el inventario que debe haber en dicha semana. Ciertamente la menor predicción, le significará poder estimar el mínimo de ingresos que tendrá en dicha semana.

Por lo anterior, un pronóstico de demanda consiste en hacer la estimación del número de artículos que el mercado estará dispuesto a comprar en un periodo futuro, y poder calcular cuántos productos debe mandar fabricar, que cantidad de material debe pedir al departamento de compras que adquiera y que nivel de existencias deben tener sus inventarios. Los pronósticos de demanda suministran información primordial para: marketing, producción, finanzas, compras y logística.



Características de los pronósticos

De acuerdo con Nahmias (1999) y Chapman, (2006), coinciden en que los pronósticos se caracterizan por las siguientes condiciones:

- Generalmente están equivocados.
- Un buen pronóstico es más que solo un número.
- Los pronósticos agregados son más exactos.
- Cuanto más alejado este el horizonte de pronóstico, menos exacto será el pronóstico.
- Los pronósticos no deben usarse para excluir la información conocida.

Para resumir los puntos que comenta Nahmias y Chapman, en ocasiones el resultado de los pronósticos se considera como un hecho, con la esperanza de que no tengamos la necesidad de hacer cambios en el sistema de producción, para ello, debemos diseñar un buen sistema que permita mencionar alguna medida del error previsto del pronóstico, es decir, darle seguimiento. En otro caso, se ha encontrado que pronosticar las ventas de toda una línea de productos, el error porcentual generalmente es menor que el que resulta al pronosticar las ventas de un solo artículo, esta situación, de manera intuitiva, puede ser más crítica si el horizonte de tiempo del pronóstico es mayor. Pero un error más grave sería la inclusión en el pronóstico de ventas alteradas por motivos promocionales de temporada.

Selección de una técnica para establecer un pronóstico

Bowerman y Oconnell (2007), señalan que al elegir una técnica de pronóstico, es necesario considerar los factores siguientes: a) el periodo; b) el patrón de los datos; c) costo del pronóstico; d) la exactitud deseada; e) la disponibilidad de la información; y f) la facilidad de superar y entender.

En efecto, puede decirse que el **período** es un factor que tiene una influencia directa en la elección de la técnica de predicción, debido a que no todas tienen el alcance necesario para involucrar datos históricos y el desempeño logístico; en tal virtud, Bowerman y Oconnell, recomiendan que las técnicas cualitativas de predicción se vuelvan más útiles a medida que el periodo se alarga. Como ya lo habíamos comentado, un periodo más largo hace que las técnicas exactas sean menos precisas o eficientes.

Con relación a **patrón de los datos** podemos elegir un modelo de pronóstico, pues la estructura y distribución de ellos hace visible su comportamiento; esto es, la tendencia, ciclo, variación estacional, o alguna combinación de los mismos, ayudarán a determinar el modelo que mejor se ajusta. Sin embargo, la **disponibilidad de la información** así como su **calidad**, será dos de los elementos esenciales para determinar la técnica a emplear, la cual estará sujeta a los procedimientos para hacer disponible la información y del presupuesto o **costo**.



Algunos métodos son sencillos de operar, pero otros, resultan más complejos, por tanto, su desarrollo tendrá un **costo** diferente en cada caso. Pero también, utilizar métodos complejos que no comprendan los responsables de la toma de decisiones, resulta incomprensible; sobre todo si ellos esperan apoyarse en predicciones generadas.

Bowerman y Oconnell (2007), dicen que “El mejor método de pronóstico para una situación dada no siempre es el más exacto. Mejor dicho, el método de pronóstico que se debe utilizar es uno que cumpla las necesidades de la situación al mínimo costo y con la mínima inconveniencia”.

Krajewski y Ritzman (2000), nos sugiere utilizar técnicas cuantitativas para evaluar y seleccionar los métodos de predicción más adecuados basados en el error, es decir, la diferencia entre el valor real y el pronosticado, de hecho, afirma que una consideración importante es el rendimiento del pronóstico, el cual puede apreciarse por los errores cometidos en el pronóstico mismo. Los gerentes tienen que aprender a medir los errores de pronóstico y la forma de detectar cuando algo marcha mal en el sistema de predicción. Después de discutir los errores y su detección, mencionaremos los criterios que los gerentes pueden aplicar para seleccionar un método apropiado de pronóstico con series de tiempo.

Error de pronóstico

Los pronósticos casi siempre contienen errores. Los errores de pronóstico se clasifican en dos formas: de **sesgo** y **aleatorios**. Los errores de **sesgo** son el resultado de equivocaciones sistemáticas, por lo cual se observa que el pronóstico siempre es demasiado alto o siempre es demasiado bajo; regularmente se derivan de ignorar o no estimar correctamente ciertos patrones de demanda, como los de tendencia, los estacionales o los cíclicos. Por ejemplo, los comerciantes para estimar el volumen de compras aplican el método de pronósticos empírico, tomando simplemente las ventas del mes como pronóstico para determinar el pedido siguiente, quedando regularmente por debajo porque no consideran la tendencia. Por su parte, el error **aleatorio** es el resultado de factores imprevisibles que obligan al pronóstico a desviarse de la demanda real (Krajewski y Ritzman, 2000).

En general, se intentan minimizar los efectos de los errores seleccionando modelos de pronóstico apropiados, sin embargo, prácticamente es imposible eliminar los errores.

Mediciones del error de pronóstico

Antes de pensar siquiera en minimizar el error de pronóstico, es necesario que los gerentes dispongan de algún medio adecuado para medirlo. El error de pronóstico es simplemente la diferencia entre el pronóstico para un periodo determinado y la demanda real registrada durante el mismo, es decir:



$$E_t = D_t - F_t$$

Donde:

E_t = error de pronóstico para el periodo t

D_t = demanda real para el periodo t

F_t = pronóstico para el periodo t

Sin embargo, si quisiéramos medir el error de pronóstico para un periodo de tiempo relativamente más largo, la suma acumulativa de errores de pronóstico (CFE) (*Cumulative Sum of Forecast Errors*) puede ayudarnos a medir el error total de la siguiente manera:

$$CFE = \sum_{t=1}^n E_t$$

Los grandes errores positivos tienden a compensarse con grandes errores negativos en la CFE de una medición. Sin embargo, la CFE resulta útil para evaluar el sesgo de un pronóstico (Bowerman y Oconnell, 2007). Si el pronóstico siempre resulta más bajo que la demanda real, el valor de CFE será cada vez más grande, producto de la existencia de una deficiencia sistemática en el enfoque del pronóstico, ya sea porque se omitió un elemento de tendencia o un patrón cíclico, o quizá las influencias estacionales cambiaron con respecto a su patrón histórico. Del mismo modo, observe que el error de pronóstico promedio es simplemente:

$$E = \frac{CFE}{n}$$

Por su parte, el cuadro del error medio MSE (*Mean Squared Error*), la desviación estándar (σ) y la desviación media absoluta MAD (*Mean Absolute Deviation*) miden la dispersión de los errores de pronóstico:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n E_t^2}{n}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (E_t - \bar{E})^2}{n - 1}}$$

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |E_t|}{n}$$

El símbolo matemático $|E|$ se usa para indicar el valor absoluto; es decir, indica que no se deben considerar los signos positivos o negativos. Si el valor del MSE, la σ o la MAD es pequeño, el pronóstico se aproxima generalmente a la demanda real; un valor grande anuncia la posibilidad de errores de pronóstico considerables.



La MAD es una medición muy común del error de pronóstico porque los gerentes la comprenden fácilmente, se trata simplemente de la media de los errores de pronóstico en una serie de tiempo, sin considerar si dichos errores consistieron en estimaciones excesivas o en subestimaciones. La MAD también se usa en señales de rastreo y control de inventarios (Krajewski y Ritzman, 2000).

El error porcentual medio absoluto MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) relaciona el error de pronóstico con el nivel de la demanda, y es útil para colocar el rendimiento del pronóstico en su correcta perspectiva y se calcula de la siguiente manera:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n [|E_t|(100)]/D_t}{n}$$

Por último, un indicador adicional que permite detectar cuando un método está alejado de ser “confiable” porque muestra resultados en forma aleatoria o que se va alejando de los valores reales, puede detectarse con la Señal de Rastreo, que se determina de la siguiente manera:

$$Señal\ de\ rastreo = \frac{\sum_{t=1}^n errores}{\sum_{t=1}^n |errores|} = \frac{CFE}{MAD}$$

Criterios para la selección de métodos con series de tiempo

Las mediciones de errores de pronóstico proporcionan información cuando se desea seleccionar el mejor método de pronóstico para un producto. Además, guían a los gerentes en la selección de los valores más adecuados que el método requiere: n para el método de promedio móvil, el método de promedio móvil ponderado y \square para el método de los criterios que se aplican en la elaboración del método de parámetros. Entre los principales criterios figuran los siguientes:

- Minimizar los sesgos.
- Minimizar la MAD.
- Satisfacer las expectativas de la gerencia acerca de cambios en la demanda, y
- Minimizar el error de pronóstico del último periodo.

Los dos primeros criterios se relacionan con mediciones estadísticas basadas en el rendimiento; el tercero refleja las expectativas del futuro que pueden no estar arraigadas, mientras que el cuarto se refiere a la forma de usar cualquier método, siempre que sea el que dé mejor resultado en el momento en que sea necesario hacer el pronóstico.



Aplicación de las técnicas de predicción

En el contexto de la aplicación y uso de las técnicas de predicción, está ampliamente aceptado que el principio fundamental de su instrumentación es la comprensión cabal de su metodología y de los resultados. Como ya lo habíamos comentado, el responsable de alguna área de la empresa no va a tomar decisiones adecuadas con base en un método que él no entiende.

Para no pronosticarles que les suceda en el futuro, mejor vamos a revisar el funcionamiento de las técnicas de predicción para la elaboración de pronósticos, a partir del siguiente planteamiento.

Ejemplo: *Mangueras Harold*, SA de CV, es un pequeño fabricante de mangueras localizado en la ciudad de Toluca, en el Estado de México, que lanzó al mercado un producto de vanguardia que lo clasificó con el SKU Y3234MEX y que ha sido muy bien aceptado en el mercado. A siete años que la planta abrió, en los últimos tres el dueño de la planta ha visto un incremento de las ventas de ese producto, sobre todo en ciertos períodos del año donde afirma que pierde muchos pedidos por falta de su capacidad de respuesta. Actualmente, dispone de dos equipos para la fabricación de manguera, que le son suficientes para atender la demanda en un turno de trabajo, sin embargo, ha valorado que le resulta más caro pagar horas extras a su personal actual que contratar personal eventual aún y con la capacitación requerida, el problema es que no sabe cuánto personal contratar porque tiene incertidumbre sobre la cantidad de manguera que venderá para satisfacer su demanda del siguiente año.

¿Qué le podemos decir al dueño de la planta?

Le sugerencia es ir aconsejando al dueño a partir de una metodología que nos permita estimar su demanda sin caer en grandes riesgos de cálculo. ¿Qué haremos?

En principio enfocaremos la metodología a revisar las demandas por año, y después lo que sucede mes con mes. Es decir, primero verlo desde el punto de vista global, y luego particular. El objetivo final será determinar cuántos metros de manguera por mes esperamos que venda en el año ocho.

Lo primero que haremos es registrar las estadísticas de la cantidad de metros de manguera que vendió por mes en los siete años desde que la planta abrió, la cual podemos ver en el cuadro ventas mensuales.



Cuadro. Ventas mensuales 1 (metros)

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Enero	150	200	200	500	500	600	600
Febrero	200	300	500	400	200	300	400
Marzo	200	300	500	400	300	300	200
Abril	200	250	300	200	200	200	200
Mayo	250	400	400	500	700	800	800
Junio	300	500	600	700	600	700	800
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600

Fuente: elaboración propia.

Después, es recomendable graficar estos datos los cuales podemos ver en la figura 2.x, y con ella hacer un análisis de su comportamiento.

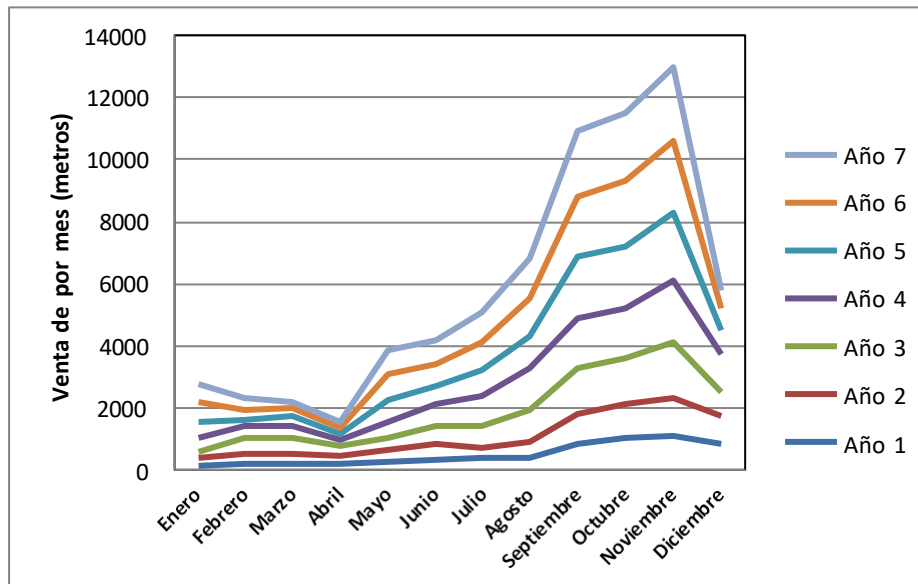


Figura. Comportamiento mensual de la demanda de manguera

Fuente: elaboración propia.

Con base en las técnicas revisadas en el subtema 2.1.2, ahora estimaremos la demanda correspondiente. Aprovechando la tecnología de Excel, nos ahorraremos algunos cálculos.

Enfoque simple

Este enfoque estima que la demanda tendrá un valor similar al del último período, como a continuación se ilustra.



Cuadro 2.x. Ventas mensuales 2 (metros)

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Enero	150	200	200	500	500	600	600
Febrero	200	300	500	400	200	300	400
Marzo	200	300	500	400	300	300	200
Abril	200	250	300	200	200	200	200
Mayo	250	400	400	500	700	800	800
Junio	300	500	600	700	600	700	800
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600
Demanda mensual Media	483.3	579.2	816.7	958.3	941.7	1000.0	1050.0

Enfoque simple = 1,050.0 metros por año

Promedio simple

Del total de ventas durante el período de tiempo que se defina previamente, obtendremos el promedio simple, en este caso, desde que la empresa entro al mercado.

Cuadro 2.x. Ventas mensuales de manguera

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Enero	150	200	200	500	500	600	600
Febrero	200	300	500	400	200	300	400
Marzo	200	300	500	400	300	300	200
Abril	200	250	300	200	200	200	200
Mayo	250	400	400	500	700	800	800
Junio	300	500	600	700	600	700	800
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600
Demanda mensual Media	483.3	579.2	816.7	958.3	941.7	1000.0	1050.0

Promedio simple **832.74** metros/ año



Promedio móvil

En primer lugar determinar el tamaño de N como elemento de medición del desplazamiento de los datos para obtener el promedio, tal y como veremos a continuación.

Cuadro 2.x. Ventas mensuales de manguera

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Enero	150	200	200	500	500	600	600
Febrero	200	300	500	400	200	300	400
Marzo	200	300	500	400	300	300	200
Abril	200	250	300	200	200	200	200
Mayo	250	400	400	500	700	800	800
Junio	300	500	600	700	600	700	800
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600
Demanda mensual Media	483.3	579.2	816.7	958.3	941.7	1000.0	1050.0

Promedio móvil con $N = 3$

$$P_m = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i = \frac{1}{N} (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N})$$

483.3	579.2	816.7					626.4
	579.2	816.7	958.3				784.7
		816.7	958.3	941.7			905.6
			958.3	941.7	1000.0		966.7
				941.7	1000.0	1050.0	997.2

(941.7+1000+1050) ÷ 3 = 997.22 metros por año

Promedio móvil ponderado

Es el mismo caso anterior, pero cada valor deberá ser afectado por un valor



Cuadro. Ventas mensuales de manguera

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Enero	150	200	200	500	500	600	600
Febrero	200	300	500	400	200	300	400
Marzo	200	300	500	400	300	300	200
Abril	200	250	300	200	200	200	200
Mayo	250	400	400	500	700	800	800
Junio	300	500	600	700	600	700	800
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600
Demanda mensual Media	483.3	579.2	816.7	958.3	941.7	1000.0	1050.0

$$w_1 = 30\% ; w_2 = 70\% ; n = 2$$

Promedio móvil ponderado

$$Pmp = \sum_{t=1}^n w_t D_t$$

483.3	579.2						550
	579.2	816.7					745
		816.7	958.3				916
			958.3	941.7			947
				941.7	1000.0		983
					1000.0	1050.0	1035

$$Pmp = \sum_{t=1}^2 (0.3)(1000) + (0.7)(1050) = 1035$$



Suavización exponencial

Cuadro. Ventas mensuales de manguera

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Enero	150	200	200	500	500	600	600
Febrero	200	300	500	400	200	300	400
Marzo	200	300	500	400	300	300	200
Abril	200	250	300	200	200	200	200
Mayo	250	400	400	500	700	800	800
Junio	300	500	600	700	600	700	800
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600
Demanda mensual Media	483.3	579.2	816.7	958.3	941.7	1000.0	1050.0

con $\alpha = 0.5$ D_t y $F_t = 800$, se suponen con base en la experiencia para al año 0.

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

$$F_1 = 400 - 0.5(400 - 400) = 400.0$$

$$\dots F_8 = 938.2 - 0.5(938.2 - 1050.0) = 994.1$$

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
D_t	400	483.3	579.2	816.7	958.3	941.7	1000.0	1050.0	
F_t	400	400.0	441.7	510.4	663.5	810.9	876.3	938.2	994.1
Error	0	83.3	137.5	306.3	294.8	130.7	123.7	111.8	

Suavización exponencial con ajuste tendencial

Los métodos anteriores de pronóstico de demanda, no consideran la estacionalidad, es decir la existencia de periodos en los que la demanda puede subir o bajar, formando "picos de demanda". La estacionalidad puede amortiguarse identificando las estaciones y las tendencias, es importante considerar que las estaciones no por fuerza deben corresponder a una misma longitud de periodo para todo el año. La estacionalidad de la demanda se encuentra comúnmente en los procesos de ciclo largo, es decir productos que requieren de largos periodos para su producción, para pronosticar una demanda temporal es necesario primero desestacionalizar para obtener un pronóstico base que posteriormente volverá ser afectado por un índice de estacionalidad. Precisamente este método incluye un procedimiento para desestacionalizar los datos que ajustan mejor la curva.

Para iniciar retomamos los cálculos anteriores para aplicar dicho procedimiento, mismo que se explica a continuación.



Con $\alpha = 0.5$

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

$$F_1 = (0.5 \cdot 400) + [(1 - 0.5) \cdot (400 + 15)] = 407.5$$

$$\dots F_8 = (0.5 \cdot 1050.0) + [(1 - 0.5) \cdot (1065.72 + 90.88)] = 1103.3$$

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
D_t	400	483.33	579.17	816.67	958.33	941.67	1000.00	1050.00	
F_t	400	407.50	450.67	529.97	703.13	894.60	1001.13	1065.72	1103.3
T_t	15	10.50	30.10	59.62	127.74	165.98	130.31	90.88	58.90
$FIT_t = F_t + T_t$	415	418.00	480.77	589.59	830.87	1060.58	1131.43	1156.59	1162.20

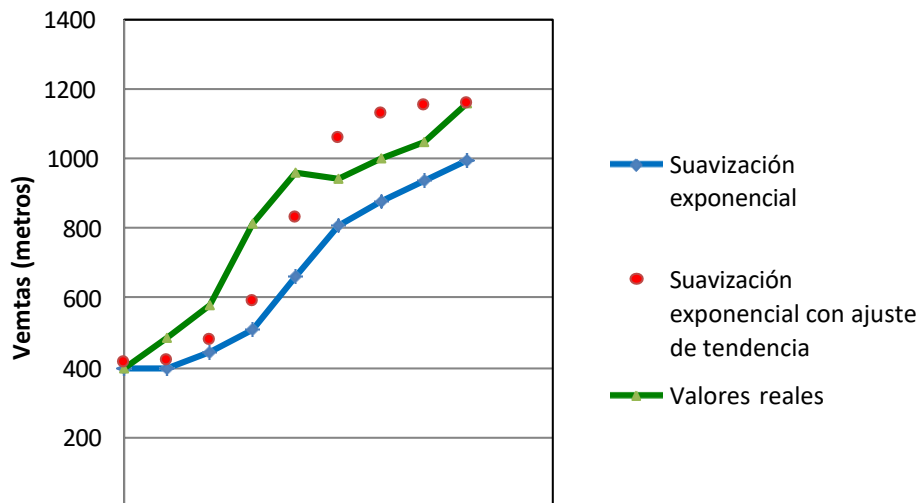
con $\beta = 0.6$

$$T_t = \beta (F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}$$

$$T_1 = [0.6 \cdot (407.5 - 400)] + [1 - 0.6] \cdot 15 = 10.50$$

$$\dots T_8 = (0.6 \cdot (1103.3 - 1065.72)) + [(1 - 0.6) \cdot 90.88] = 58.90$$

Comparando los resultados del suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia y la demanda real, podemos observar un mejor acercamiento del segundo.



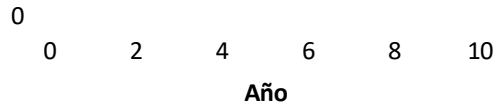


Figura. Comparación suavizamiento exponencial vs ajuste tendencial

Fuente: elaboración propia.

Esta comparación te puede permitir “jugar” con los valores de alfa en busca de encontrar aquel valor que ajusta mejor a las variaciones de los datos reales, de esta manera el pronóstico puede ajustarse con cada ciclo o iteración en pro de lograr una mayor proximidad al comportamiento de la demanda. El ajuste del pronóstico puede evaluarse fácilmente de manera cualitativa al calcular el coeficiente de correlación de ambos conjuntos de datos usando la función que contiene Excel de coeficiente de correlación, la notación se describe a continuación:

$$=COEF.DE.CORREL([Periodos]:[Demanda Estimada],[Periodos]:[Demanda Real])$$

Análisis de regresión lineal (método causal)

Ahora bien, utilizando el método de regresión lineal podemos calcular la demanda anual promedio ajustando los parámetros a y b .

Cuadro. Método de mínimos cuadrados

Año (X_i)	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$
1	483.3	1	233611	483.3
2	579.2	4	335434	1158.3
3	816.7	9	666944	2450.0
4	958.3	16	918403	3833.3
5	941.7	25	886736	4708.3
6	1000.0	36	1000000	6000.0
7	1050.0	49	1102500	7350.0
28	5829.2	140.0	5143628.5	25983.3
Sumatorias:	4	832.7		
Promedio:				

$$b = \frac{25983.3 - 7 \times 4 \times 832.7}{140.0 - 7 \times 4^2} = 95.23809524$$

$$a = 832.7 - 95.23809524 \times 4 = 451.7857143$$

Para el año ocho, el promedio de demanda anual es:

$$y = 451.7857 + 95.232380 \times 8 = 1213.7$$

Método multiplicativo estacional

Retomando los cinco pasos mencionados, procedemos a calcular la demanda para el año 8 por cada mes de ese año. Para demostrar su forma de cálculo en la siguiente figura describimos su forma de cálculo para el mes de enero, considerando la demanda desestacionalizada anteriormente.



Paso 1

$$\text{Demanda estacional (enero)} = (150 + 200 + 200 + \dots + 600) \div 7 = 392.86$$

Mes	1	2	3	4	5	6	7	Demanda Estacional Media	Índice Estacional	Pronóstico año 8
Enero	150	200	200	500	500	600	600	392.86	0.472	548.3
Febrero	200	300	500	400	200	300	400	328.57	0.395	458.6
Marzo	200	300	500	400	300	300	200	314.29	0.377	438.6
Abril	200	250	300	200	200	200	200	221.43	0.266	309.0
Mayo	250	400	400	500	700	800	800	550.00	0.660	767.6
Junio	300	500	600	700	600	700	800	600.00	0.721	837.4
Julio	400	300	700	1000	800	900	1000	728.57	0.875	1016.8
Agosto	400	500	1000	1400	1000	1200	1300	971.43	1.167	1355.8
Septiembre	800	1000	1500	1600	2000	1900	2100	1557.14	1.870	2173.2
Octubre	1000	1100	1500	1600	2000	2100	2200	1642.86	1.973	2292.8
Noviembre	1100	1200	1800	2000	2200	2300	2400	1857.14	2.230	2591.9
Diciembre	800	900	800	1200	800	700	600	828.57	0.995	1156.4

$$\text{Demanda total media mensual} = 832.74$$

Paso 2

$$\text{Demanda total media mensual} = (392.86 + 328.57 + \dots + 828.57) \div 12 = 832.74$$

Paso 3

$$\text{Índice estacional (enero)} = (392.86 \div 832.74) = 0.472$$

Paso 4

Retomando el resultado del promedio mensual esperado en el año 8, calculado con la técnica de suavizamiento exponencial ajustado, en este caso de **1162.20**, se procede a calcular el pronóstico mensual aplicando el índice correspondiente, por ejemplo:

Paso 5

$$\text{Pronóstico año 8 por mes} = (1162.20 \times 0.472) = 548.3$$

Gráficamente el pronóstico en el año ocho puedes observarlo en la figura 2.x, en donde las líneas en gris representan las curvas de la demanda de los años anteriores, mientras que la roja es la demanda pronosticada con el método multiplicativo estacional.

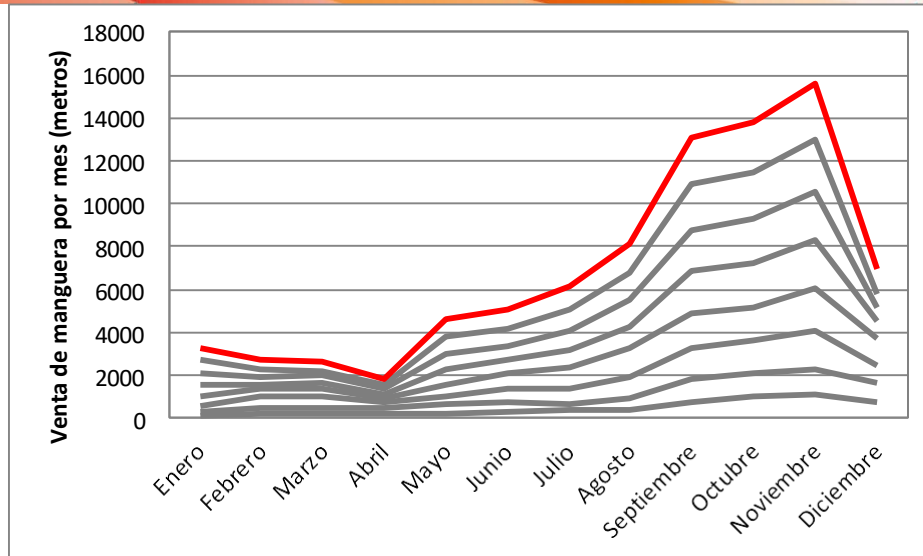


Figura. Comportamiento mensual de la demanda en el año 8

Fuente: elaboración propia

Pronosticar una demanda que presenta mucha variación entre periodos, puede ser bastante complejo y a pesar de todos los esfuerzos terminar siendo inexacto. En el caso de demandas con patrones estacionales muy fuertes, resulta muy costoso mantener un inventario para la “temporada alta” mientras el resto del tiempo se manejan niveles de demanda bajos o moderados, por esta razón muchas empresas van más allá de limitarse a predecir la demanda, sino que llevan a cabo estrategias encaminadas a influir en la manera en la cual se genera la demanda.

Este tipo de estrategias tienen la finalidad de reducir picos de demanda a través de campañas de mercadotecnia que impulsen las ventas en las llamadas “temporadas bajas” con la finalidad de tener menores fluctuaciones en la demanda y aprovechar mejor la capacidad instalada tanto en planta como en almacén, uno de los mejores ejemplos de estas tácticas han sido los emprendidos por la empresa refresquera Coca cola, con campaña navideña de 1931 en la cual presentaban el personaje de Santa Claus con un traje rojo y blanco, por ser los colores de la compañía, con la finalidad de vender su producto durante la temporada invernal ya que de acuerdo con (Mendíz 1995). Por aquellos tiempos, las bebidas gaseosas se distribuían sólo en "período estival" (que había ido estirándose: desde el 1 de marzo hasta el 15 de octubre), pues se concebían como productos "refrescantes" que realmente “apagaban la sed”. Cabe destacar que las campañas publicitarias no son la única herramienta capaz de “Alisar la demanda”, también las temporadas de descuentos, promociones y lanzamiento de nuevos productos pueden ser herramientas útiles para obtener demandas más estables.



2.2. Nivel de servicio basado en la demanda

El **nivel de servicio** se ha utilizado como una herramienta para administrar los sistemas de gestión de inventarios y evaluar el desempeño de la cadena de suministro. En general, es utilizado para expresar el cambio de nivel del stock de seguridad (SS) respecto a la posibilidad de llegar a la escasez o desabasto. Al inicio del período, el stock de seguridad puede mantenerse bajo, dado que se tiene existencias para responder a la demanda con un alto nivel de servicio o bajas posibilidades de desabastecimiento. Por el contrario, en la medida que se cierra el período existe un nivel muy bajo de existencias que implica un alto riesgo de desabasto, en tal virtud el stock de seguridad debe planificarse alto.

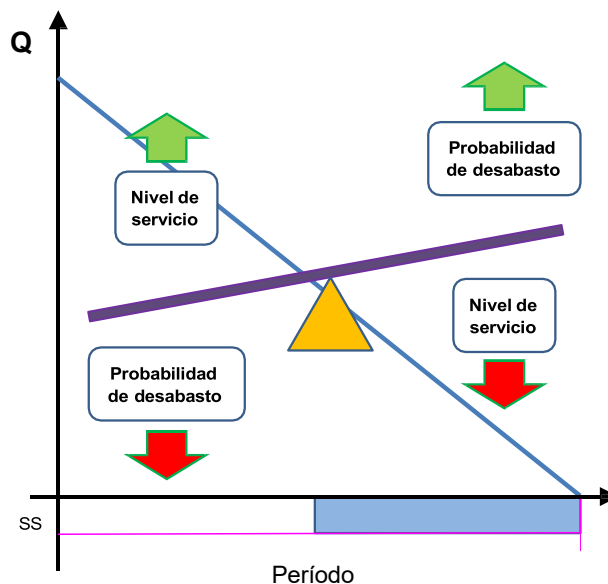


Figura. Nivel de servicio contra posibilidad de desabasto

Fuente: elaboración propia.

En estos casos, las compañías tienen que decidir cuál es el nivel de servicio aceptable. Muy temerario sería establecer un nivel de servicio del 100% durante todo el período, ya que podría ser muy alto el costo; sin embargo, algunas empresas corren ciertos riesgos con 95% de nivel de servicio; es decir, de antemano están aceptando que 5% de las veces las necesidades del cliente no se cumplirán.

Desde luego, lo anterior es una situación de decisión muy importante por parte de los empresarios, por tanto, deberán pensar en establecer esos riesgos de una manera inteligente utilizando técnicas de para lograr un mayor control y atención de los inventarios. Por este motivo, en este subtema abordaremos tres temas relacionados con este tipo de decisiones: 2.2.1 La técnica ABC para la clasificación de los artículos que conforman nuestros inventarios; después, en el subtema 2.2.2 te presentaremos las métricas de control de inventarios más importantes; y al final, en el subtema 2.2.3, se desarrolla el análisis del nivel de servicio, desde dos perspectivas, la primera, desde el punto de vista de la gestión



de inventarios, y la segunda, del cumplimiento y velocidad de entrega de los productos, como parte de una extensión de las métricas de control.

2.2.1. Análisis ABC

Una organización típica tiene miles de artículos en inventarios, pero sólo un pequeño porcentaje de ellos merecen la más cuidadosa atención y el mayor control de la gerencia (Krajewski y Ritzman, 2000). El análisis ABC consiste en clasificar los artículos que vende la empresa con la finalidad de aplicar mayor control y atención a los considerados críticos, ya sea por su valor económico o rotación. Este análisis tiene el objetivo de aumentar la eficiencia en la gestión de inventarios y se basa en el principio de Pareto, el cual indica que "...el 80% de las ventas se logra con 20% de los artículos del catálogo" (García, 2004). Esta técnica permite identificar inventario obsoleto y si la compañía está almacenando el inventario correcto (Wisner, y otros, 2008).

La técnica permite establecer tres categorías de productos (SKU) denominadas: A, B y C. Los grupos se definen a partir del volumen de ventas de cada SKU y de la participación en las utilidades. En la gestión de inventarios, por regla general, esta técnica considera que 80% del valor del inventario está representado por 20% de los artículos, mientras que 80% de los artículos representan el 20% de la inversión. García (2004), señala que la clasificación de productos suelo caracterizarse de la siguiente manera:

Productos del grupo A, pocos productos ($\approx 20\%$) que tienen un alto nivel de uso o un alto costo que representan 80% del valor total del inventario, que deben estar controlados constantemente.

Productos del grupo B, número representativo ($\approx 40\%$) que contempla alrededor de 15% del valor total del inventario, que requiere control periódico.

Productos grupo C, está conformado por grandes cantidades ($> 40\%$) con poco uso individual o un bajo valor que representa solamente 5% del valor total del inventario, que puede ser supervisado menos frecuente por tratarse de productos con muy poca rotación.



La figura x, presenta la distribución acumulativa de la clasificación ABC.

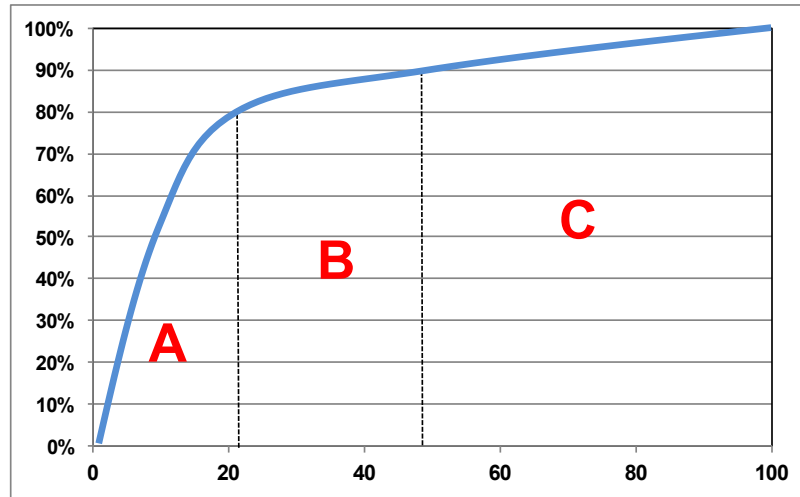


Figura. Distribución de la clasificación ABC

Fuente: elaboración propia

Es importante señalar que en un principio el enfoque de clasificación se determinaba únicamente con base en el volumen de ventas, es decir, por el número de productos vendidos; sin embargo, a partir de los nuevos sistemas de información de costos puede calcularse la utilidad bruta de cada SKU, lo que representa el beneficio real que aporta cada producto para la empresa, ya que el producto “más vendido” puede ser que en realidad tenga una pobre participación en las utilidades de la empresa, y con la preocupación de asegurar el abasto de este producto, se desatienda la disponibilidad de productos que aportan más a utilidad. Revisemos un ejemplo de aplicación de la técnica de análisis ABC. La empresa Pandas S.A. elabora 20 diferentes modelos de juguetes para bebé, de los cuales en el cuadro x se presentan el monto de sus ventas y la utilidad que aporta cada uno de estos artículos a la empresa, los cuales supervisa de igual manera y mantiene el mismo número de piezas de cada producto en su inventario. La empresa busca hacer más eficiente su control de inventarios a través de la clasificación ABC.

Cuadro. Ventas y utilidad de la empresa Pandas, SA de CV

NÚM. CONSECUTIVO	ARTICULO	VENTAS	UTILIDAD
1	A	466	1.4
2	B	413	2.2
3	C	397	0.9
4	D	446	7.4
5	E	890	6.0
6	F	556	1.0
7	G	1093	5.6
8	H	882	7.1
9	I	402	0.7
10	J	380	0.6
11	K	441	1.8
12	L	359	2.0



13	M	304	2.6
14	N	534	0.4
15	Ñ	313	0.2
16	O	456	1.0
17	P	285	0.6
18	Q	894	5.2
19	R	404	1.8
20	S	394	1.4

Fuente: elaboración propia.

A partir del cuadro anterior, procedemos a aplicar el procedimiento universal.

a). Calcular la participación o utilidad bruta para cada uno de los artículos.

Participación o peso = Ventas x utilidad

b). Una vez calculada la participación, se calcula el porcentaje que esta participación representa de las utilidades con respecto al resto de los productos.

*Participación porcentual = (100*Participación del producto) / (Utilidades Totales)*

Cuadro. Cálculo de la participación porcentual

NÚM. CONSECUTIVO	ARTÍCULO	VENTAS	UTILIDAD	PESO	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) = (c) x (d)	(f) = (e) ÷ (g)
1	A	466	1.4	652.4	1.97
2	B	413	2.2	908.6	2.74
3	C	397	0.9	357.3	1.08
4	D	446	7.4	3300.4	9.96
5	E	890	6	5340	16.11
6	F	556	1	556	1.68
7	G	1093	5.6	6120.8	18.47
8	H	882	7.1	6262.2	18.90
9	I	402	0.7	281.4	0.85
10	J	380	0.6	228	0.69
11	K	441	1.8	793.8	2.40
12	L	359	2	718	2.17
13	M	304	2.6	790.4	2.39
14	N	534	0.4	213.6	0.64
15	Ñ	313	0.2	62.6	0.19
16	O	456	1	456	1.38
17	P	285	0.6	171	0.52
18	Q	894	5.2	4648.8	14.03
19	R	404	1.8	727.2	2.19
20	S	394	1.4	551.6	1.66
Total (g) =				33140.1	100

Fuente: elaboración propia.



c). Con base en los resultados del cuadro anterior, se ordena la **participación porcentual** de mayor a menor, y se calcula la **participación acumulada como puede verse en el cuadro x**, donde los artículos se clasificaron de la siguiente manera:

- En la clase **A** se ubican los artículos que la suma acumulada es menor a 80%.
- En la clase **B** se ubican los artículos que la suma acumulada estén entre 80 y 95%, y
- En la clase **C** se ubican los artículos que la suma acumulada sea mayor a 95%.

Cuadro. Clasificación de los artículos con base en la participación porcentual acumulada

ARTÍCULO	VENTAS	UTILIDAD	PESO	PESO PORCENTUAL	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
H	882	7.1	6262.2	18.90	18.90	A
G	1093	5.6	6120.8	18.47	37.37	
E	890	6	5340	16.11	53.48	
Q	894	5.2	4648.8	14.03	67.51	
D	446	7.4	3300.4	9.96	77.47	
B	413	2.2	908.6	2.74	80.21	B
K	441	1.8	793.8	2.40	82.60	
M	304	2.6	790.4	2.39	84.99	
R	404	1.8	727.2	2.19	87.18	
L	359	2	718	2.17	89.35	
A	466	1.4	652.4	1.97	91.32	
F	556	1	556	1.68	92.99	
S	394	1.4	551.6	1.66	94.66	
O	456	1	456	1.38	96.04	C
C	397	0.9	357.3	1.08	97.11	
I	402	0.7	281.4	0.85	97.96	
J	380	0.6	228	0.69	98.65	
N	534	0.4	213.6	0.64	99.30	
P	285	0.6	171	0.52	99.81	
Ñ	313	0.2	62.6	0.19	100.00	
Total			33140.1	100		

Fuente: elaboración propia.



Gráficamente, la participación acumulada de los artículos del inventario pueden observarse en la figura x. Esto significa que la prioridad deben ser los productos H, G, E, Q y D.

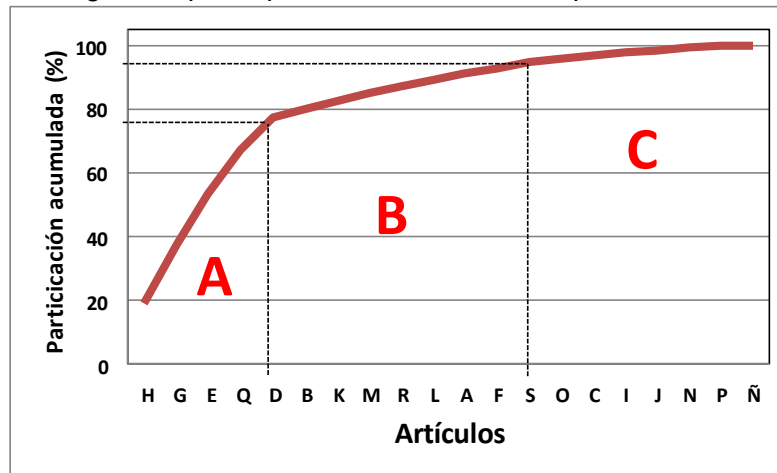


Figura x. Clasificación ABC del inventario

Fuente: elaboración propia

Un análisis similar puede aplicarse a los clientes, pues salvo algunos casos, la experiencia indica que un número reducido de clientes representa la proporción más grande de las ventas de las empresas (Krajewski y Ritzman, 2000). Por su parte, García (2004) afirma que después de cualquier análisis ABC es interesante desarrollar políticas de gestión y control de inventarios según la clasificación establecida. En este sentido, tienen mucha razón, porque debemos diferenciar el tipo de servicio al cliente, por ejemplo; o en relación con el almacenamiento, colocar los productos A en almacenes regionales más próximos a clientes y los B y C en almacenes centrales. Todo ello, será de acuerdo en cómo se presente la situación para cada empresa.

2.2.2. Métricas de control de inventarios

En la práctica empresarial es muy común encontrar el dicho “*lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar*”, siendo esto posible sólo con la instrumentación de indicadores o métricas de control. Las métricas son un elemento muy importante de la gestión, y existen a lo largo y ancho de la cadena de suministro. En la gestión de inventario son útiles porque nos ayudan a evaluar nuestra gestión.

Para establecer métricas de control existen manuales y procedimientos muy sofisticados que han sido desarrollados para su diseño. Algunos de ellos los puedes consultar en Internet. Al final de esta Unidad Didáctica en la sección para *saber más* puedes encontrar los títulos de los mismos. Desde luego no nos detendremos a revisar esta parte, pero si analizar los indicadores orientados a la gestión de inventarios.



Los indicadores nos permiten medir el desempeño del sistema de control de inventarios y saber si estas son efectivas o si es necesario tomar medidas al respecto. Sin embargo, para que estas métricas sean útiles en el mejoramiento de los procesos, deben ser:

- Cuantificables.
- Objetivas.
- Comparables.

Mora (2007) nos indica que los indicadores tienen las siguientes características:

1. Pueden medir cambios en esa condición o situación a través del tiempo.
2. Facilitan mirar de cerca los resultados de iniciativas o acciones.
3. Son instrumentos muy importantes para evaluar y dar surgimiento al proceso de desarrollo.
4. Son instrumentos valiosos para determinar cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos de desarrollo

A continuación, se presentan las métricas comúnmente utilizadas para evaluar la eficiencia de los inventarios, pero antes de entrar directamente a las métricas conviene identificar algunos conceptos utilizados comúnmente en la gestión de inventarios.

Conceptos:

- **Stock Keeping Unit (SKU):** representa un tipo de artículo o producto individual para el que se mantiene un registro. Su descripción incluye características que definan una variación del producto, incluyendo el tamaño del lote en el que se maneja.
- **Back order:** se refiere a un requerimiento no cumplido, este puede causar una penalización por parte del cliente o cumplido de manera parcial.
- **Planeación de la orden:** influir el momento y como compra el cliente. Para evitar que todas se acumulen en un mismo periodo.

Propósito de las métricas

Vamos a suponer que te solicitan evaluar el inventario para el suministro de amortiguadores de automóvil en una ensambladora. Digamos que encontraste 3900 amortiguadores. Con esta información, ¿podrías decir que la ensambladora tiene muchos, pocos o suficientes amortiguadores?

Ciertamente no, pues en el fondo lo que debemos conocer es ¿cuánto nos durará el suministro de amortiguadores para seguir ensamblando coches?, y no tanto, ¿cuántos amortiguadores disponen los técnicos? La respuesta a dicha pregunta equivale a evaluar la disponibilidad de las refacciones, siendo éste el propósito principal de la definición de las métricas o indicadores. Por ejemplo:

Se ensamblan 4 autos por hora y se trabajan 8 horas de turno = 32 autos por día son ensamblados; por tanto, se consumen $32 \times 4 = 128$ amortiguadores por día, lo que significa:



Disponibilidad de amortiguadores = amortiguadores en existencia ÷ Amortiguadores por día

$$\text{Disponibilidad} = 3900 \div 128 = 30.5 \text{ días}$$

Lo anterior, ya es un indicador que no está generando información sobre la disponibilidad, de los inventarios.

Pueden existir otro tipo de métricas para la gestión de inventarios en la práctica, pero algunas de las más comunes son las que reportan Flores (2004) y Mora (2007), las cuales exponemos a continuación:

Por el costo de venta:

- **Rotación de inventario:** número de veces que se abastece la demanda anual con el inventario, es una medida que se calcula de la relación entre el costo de las ventas anuales y el inventario promedio. Cuanto mayor sea la rotación de inventarios, mayor será la utilización de los activos de la empresa. Por ejemplo, podemos aceptar que una empresa tiene un costo anual de ventas de \$200 millones de pesos y un nivel promedio de inventario para el año de \$20 millones, entonces:

$$\text{La rotación del inventario} = \text{Costo de Ventas} / \text{nivel promedio de inventario} = \$200 / \$20 = 10 \text{ vueltas.}$$

- Otra medida común es **días de suministro**. Este indicador se calcula dividiendo el nivel promedio de inventario por el costo de ventas de un día.

$$\text{El costo de ventas por un día es de } \$200 \text{ millones} \div 360 \text{ días} = \$ 0.5479$$

$$\text{Días del suministro} = \text{Promedio de Inventario} \div \text{Costo de ventas de un día} = \$30 \div \$ 0.5479 = 16.4 \text{ días de suministro.}$$

Indicadores de costo:

- **Costo por unidad almacenada:** tiene por objetivo controlar el valor unitario del costo por almacenamiento propio o contratado. Permite decidir sobre la rentabilidad de la estrategia de almacenamiento (subcontratar el servicio de almacenamiento o tenerlo propio).

$$\text{Costo por unidad} = \frac{\text{Costo de almacenamiento}}{\text{Total de unidades almacenadas}}$$

Indicadores de tiempo:

- **Entregas a tiempo:** porcentaje de entregas que fueron realizadas en el periodo acordado. Se puede analizar más de un año. Entre mayor sea el valor, mejor será la situación. Por lo general tiene un valor entre 96 a 100% como punto de referencia.

$$\text{Entregas a tiempo} = \frac{\text{Pedidos entregados a tiempo}}{\text{Total de pedidos entregados}}$$

- **Días de abastecimiento o disponibilidad:** días de demanda cubiertas por el inventario.

$$\text{Inventario promedio (\$, U)} \div \text{Demanda diaria} = \text{días de abastecimiento}$$



Duración en inventario

- **Días de inventarios:** altos niveles en este indicador nos señala demasiados recursos empleados en inventarios que no tienen un uso inmediato y por lo tanto, no genera ingresos la inversión. Se corre el riesgo perderse o sufrir obsolescencia.

$$\text{Días de inventario} = \frac{\text{Inventario final}}{\text{Ventas promedio}}$$

- **Vejez del inventario:** representa el nivel de mercancía no disponible para despachos por obsolescencia, deterioro, averiadas, devueltas en mal estado, vencimiento, etc. Apoya para tomar acciones correctivas y desalojar la mercancía para que no impacte en el costo del inventario y el nivel de servicio al cliente.

$$\text{Vejez del inventario} = \frac{\text{Unidades dañadas} + \text{obsoletas} + \text{vencidas}}{\text{Unidades disponibles en inventario}}$$

- **Valor económico del inventario:** tiene por objetivo controlar el valor de la mercancía que se encuentra almacenada con respecto a las mercancías que están saliendo por ventas, con el propósito de evaluar el cumplimiento de las políticas de inventario de la compañía.

$$\text{Valor económico} = \frac{\text{Costo ventas del mes}}{\text{Valor inventario físico}}$$

- **Exactitud de los inventarios:** tiene por objeto evaluar la confiabilidad de los procedimientos con los cuales se lleva a cabo el inventario de la mercancía que se encuentra almacenada.

$$\text{Exactitud de los inventarios} = \frac{\text{Valor diferencia (\$)}}{\text{Valor total inventario}} \times 100$$

Indicadores operativos:

- **Pérdidas por deterioro:** cuantificación de las pérdidas debido al deterioro de productos.



Indicadores de nivel de servicio:

- **Tasa de cumplimiento (*Fill rate*):** porcentaje de productos surtidos con respecto a los solicitados por el cliente. Para ilustrar esta métrica, tenemos en cuenta el tamaño de la orden. Por ejemplo, supongamos que la orden colada por el cliente fue de 6500 artículos, y de éstos solo se le enviaron 5986, por tanto la tasa de cumplimiento se calcula como sigue:

$$\text{Tasa de cumplimiento} = \frac{\text{Artículos entregados}}{\text{Tamaño de la orden}} \times 100\%$$

$$\text{Tasa cumplimiento} = 5986 \div 6500 = 92,0\%$$

- **Tasa de pedidos entregados completos (*Order Fill Rate*):** mide el nivel el porcentaje de pedidos entregados completos durante un período de tiempo. Permite conocer el nivel de cumplimiento de las expectativas del cliente.

$$\text{Tasa de pedidos entregados completos} = \frac{\text{Pedidos entregados sin faltantes}}{\text{Total de pedidos}} \times 100\%$$

$$\text{Tasa de pedidos entregados completos} = \frac{2}{12} \times 100\% = 16.7\%$$

- **Tasa de cumplimiento por línea (*Line Fill rate*):** mide el porcentaje del número de líneas surtidas por completo; por ejemplo, se tienen 10 líneas de artículos solicitados, y de estos 10 elementos de línea, sólo 5 de ellos se llenaron en su totalidad, por lo tanto la tasa de cumplimiento es la Tasa de llenar la línea de llenado del artículo = 5 / 10 = 50%.

$$\text{Tasa de cumplimientos por línea} = \frac{\text{Número de líneas del pedido surtidas}}{\text{Total de líneas del pedido}} \times 100\%$$

- **Entregas perfectas:** tiene por objetivo controlar la cantidad de pedidos que se entregan sin problemas. Mide el nivel de cumplimiento, efectividad y exactitud en cantidades y tiempo de los pedidos despachados por la empresa.

$$\text{Entregas perfectas} = \frac{\text{Pedidos entregados perfectos}}{\text{Total de pedidos entregados}}$$



El objetivo de establecer indicadores consiste en comparar el desempeño actual de los procesos con respecto a alguna “mejor marca” de empresas líderes, buscar satisfacer las expectativas del cliente, a través de la reducción de los tiempos de entrega, mejorar el uso de los recursos y activos asignados, para aumentar la productividad y efectividad en las diferentes actividades hacia el cliente final (Mora, 2007), pero lo más importante es medir el desempeño con respecto a nosotros mismos, es decir, evaluarnos constantemente con las métricas o indicadores que midan de manera periódica y de manera objetiva, nuestra eficiencia.

2.2.3. Nivel de servicio

Por planificación del servicio se entiende la capacidad de decidir a priori cuál debe ser el nivel de servicio objetivo para cada SKU. Esta decisión se debe tomar después de analizar las repercusiones en costo y en cuota de mercado que tienen las diferentes alternativas existentes (AECOC, 2002). El nivel de servicio lo podríamos referir a la cobertura que queremos asegurar en nuestra demanda, Al fijar el nivel de servicio que se dará a los clientes se define también la política de inventario, adicionalmente este nivel contribuye en la determinación de las existencias a mantener en el inventario.

De acuerdo con AECOC, de manera teórica, la relación entre el stock y el servicio está influenciada por: a) la variabilidad de la demanda; b) la frecuencia de la demanda; c) la incertidumbre del aprovisionamiento; d) tamaño de lote de aprovisionamiento; y e) frecuencia del aprovisionamiento.

En términos generales, la argumentación de estos elementos se basa fundamentalmente en la incertidumbre que presenta la demanda, la cual implica establecer ciertos niveles de stock de seguridad para que no se vea afectada por la escasez, dada el nivel de frecuencia con el cual se coloquen los pedidos y la incertidumbre que podamos tener del aprovisionamiento. En tal virtud, la determinación del tamaño del lote adquiere relevancia fundamental para la demanda, que deberá tener en cuenta la frecuencia en la cual solicitemos reaprovisionamientos. La AECOC (2002), reconoce que no existe ningún modelo de inventarios que identifique de manera detallada la influencia de los factores anteriores en el cálculo entre el stock y el nivel de servicio, no obstante a pública la siguiente aproximación válida para ciertos comportamientos de la demanda, a la que le denomina “Método simplificado: modelo de Gauss”.



Método simplificado: modelo de Gauss

Este método incluye la curva *stock to service* (STS) que relaciona el nivel medio de inventario con el nivel de servicio de un artículo en un almacén (SKU), a partir de una función que expresa el stock medio de una demanda que se distribuye de forma normal y con una frecuencia “elevada”, como la mostrada en la figura de abajo.

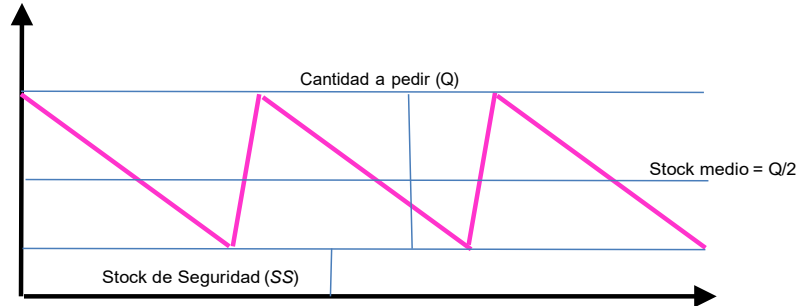


Figura. Pronósticos de demanda y su nivel de servicio

A partir de la figura anterior, podemos observar que el stock medio puede representarse por la siguiente ecuación:

$$\text{Stock medio} = \frac{\text{Cantidad a pedir}}{2} + SS = \frac{Q}{2} + SS$$



Cabe señalar que la *cantidad a pedir* es un parámetro que se fija externamente, y suele ser el lote mínimo de aprovisionamiento; mientras que el *Stock de Seguridad* se calcula con la siguiente expresión:

$$SS = z * S_{st} * \sqrt{PE}$$

Donde:

z = variable estandarizada que determina el nivel de servicio; en las tablas de distribución normal podemos encontrar los valores de z para el nivel de servicio $F(z)$ que queremos ofrecer.

S_{td} = desviación estándar de la demanda.

PE = plazo de entrega.

Aplicación

Supongamos que cada período colocamos pedidos por 3900 amortiguadores y que la demanda presenta una desviación estándar 350 unidades; con un plazo de entrega de 12 días, determinemos la diferencia en unidades de stock al cambiar de un nivel de servicio de 80% a 90%, y cuál es el nivel de servicio al que se encuentra actualmente la empresa según la información dada.

Con a estos valores la función de stock medio será la siguiente:

$$Stock\ medio = \frac{Cantidad\ a\ pedir}{2} + z * S_{st} * \sqrt{PE} = \frac{Q}{2} + z * S_{st} * \sqrt{PE}$$

Sustituyendo valores podemos encontrar:

$$Stock\ medio = \frac{3900}{2} + z * 350 * 3.46 = 1950 + z * 3723.9$$

Para cada z y *nivel de servicio*, utilizando la expresión anterior podemos calcular el Stock de Seguridad (SS) y Stock medio (SM), como se muestra en el cuadro x.

Cuadro x. Cálculo de SS y SM

z	NS	SS	SM
0.0	0.500	0.0	1950
0.1	0.540	121.2	2071
0.2	0.579	242.5	2192
0.3	0.618	363.7	2314
0.4	0.655	485.0	2435
0.5	0.691	606.2	2556
0.6	0.726	727.5	2677
0.7	0.758	848.7	2799
0.8	0.788	969.9	2920
0.9	0.800	1030.6	2981
0.9	0.816	1091.2	3041
1.0	0.841	1212.4	3162
1.1	0.864	1333.7	3284
1.2	0.885	1454.9	3405
1.3	0.903	1576.2	3526



1.4	0.919	1697.4	3647
1.5	0.933	1818.7	3769
1.6	0.945	1939.9	3890
1.7	0.955	2061.1	4011
1.8	0.964	2182.4	4132
1.9	0.971	2303.6	4254
2.0	0.977	2424.9	4375
2.1	0.982	2546.1	4496
2.2	0.986	2667.4	4617
2.3	0.989	2788.6	4739
2.4	0.992	2909.8	4860
2.5	0.994	3031.1	4981
2.6	0.995	3152.3	5102
2.7	0.997	3273.6	5224
2.8	0.997	3394.8	5345

Fuente: elaboración propia.

Del cuadro anterior, podemos observar que para ofrecer 80% de nivel de servicio, se requiere tener en almacén 2981 amortiguadores, por los 3526 para 90% de nivel de servicio. De acuerdo con los resultados, podemos observar que el inventario actual se encuentra a un nivel de servicio de 95%. En la figura x, podemos ver los resultados graficados. Nota cómo crece la cantidad de stock medio para al caso de que queramos ofrecer 100% de nivel de servicio. Esto no está prohibido, pero si cuesta mucho dinero.

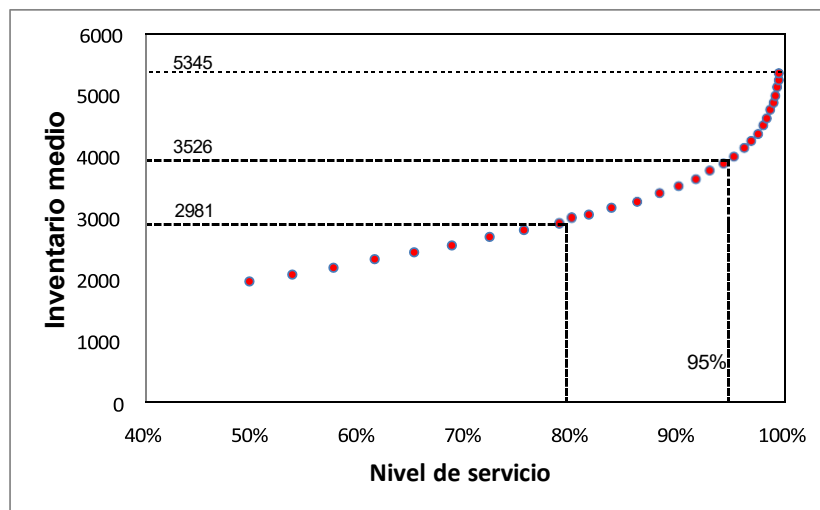


Figura. Nivel de servicio contra inventario medio

Fuente: elaboración propia



Pero ¿Qué puede pasar si el proveedor lleva el plazo de entrega de 12 a 18 días?; en efecto, ¡*incrementará nuestro inventario!* Veamos:

Para 80% de nivel de servicio:

$$\text{Stock medio} = \frac{3900}{2} + z * 350 * \sqrt{18} = 1950 + 0.9 * 1484.92 = 3286$$

Para 90% de nivel de servicio:

$$\text{Stock medio} = \frac{3900}{2} + z * 350 * \sqrt{18} = 1950 + 1.3 * 1484.92 = 3880$$

Para 95% de nivel de servicio:

$$\text{Stock medio} = \frac{3900}{2} + z * 350 * \sqrt{18} = 1950 + 1.65 * 1484.92 = 4400$$

Con este ejemplo pudimos observar que cada SKU tiene una curva característica de *Stock To Service* que dependerá de la variabilidad (o desviaciones estándares) de la demanda, del tamaño de la orden de compra, el plazo de entrega, retrasos de los proveedores, periodos de revisión. Cuando se varía una de estas variables, la curva STS cambia notablemente. Entonces, “con el stock de seguridad que se defina para cada SKU se está definiendo el Nivel de Servicio que se dará al mercado” (AECOC, 2002).



Nivel de servicio desde el punto de vista de la gestión de inventarios

Determinar el nivel de servicio adecuado al tipo de producto y estrategia comercial de la empresa es muy importante pues de ello depende el volumen de producto a mantener en inventario. En la definición del nivel de inventario existen dos variables críticas, el costo de faltantes y el costo de excedentes:

- Costo de faltantes (C_u): Margen que pierde la compañía por cada venta perdida por falta de inventario.
- Costo de excedentes (C_o): Pérdida que sufre la compañía por cada unidad sin vender al final de la temporada.

El nivel de servicio tiene un efecto directo en el costo de inventario. Si bien es cierto que elevar el nivel de servicio permite elevar las ventas, esto funciona hasta cierto nivel. Si el nivel de servicio logístico aumenta los costos también aumentarían, y debido a que el nivel de servicio no es el único parámetro de evaluación de los compradores, el incrementar de manera excesiva el costo del producto como resultado de incrementar el nivel de servicio puede llegar a ser contraproducente, ocasionando la pérdida de ventas. Por lo tanto es muy importante controlar el costo de aumentar el nivel de servicio.

Un nivel del 100% implicaría que el producto siempre estuviera disponible para nuestros clientes sin importar la variación de la demanda, para tener una disponibilidad asegurada es necesario contar con un gran número de productos en el inventario, y tener grandes sumas invertidas en productos que pudieran tardar demasiado en convertirse en efectivo, perdiendo con esto la oportunidad de utilizar este dinero en otro tipo de inversiones, como puede notarse en el ejemplo anterior. En contra parte, el fijar un nivel de servicio muy bajo puede ocasionar que los clientes no encuentren el producto que desean, compren los productos de la competencia y posiblemente cambien de marca porque esta les asegura mayor disponibilidad de sus productos.

Por lo anterior, a partir del inventario, las métricas que nos pueden ayudar a medir el nivel de servicio desde la perspectiva de servicio al cliente son: la tasa de cumplimiento (**Fill rate**) y la tasa de pedidos entregados completos (**Order Fill Rate**). Para hacerlo comprensible veamos un ejemplo muy simple. En el cuadro x se muestran las cantidades solicitadas (demanda) y las cantidades que fueron surtidas a partir de la disponibilidad de producto en



inventario, durante un año. Las cantidades no surtidas (faltantes) representaron las ventas perdidas.

Cuadro x. de demanda y faltantes por ciclo

CICLO DE PEDIDO	DEMANDA	SURTIDAS	FALTANTES
1	180	177	3
2	75	75	0
3	178	165	13
4	140	140	0
5	180	174	6
6	200	190	10
7	180	174	6
8	82	74	8
9	150	149	1
10	50	50	0
11	80	75	5
12	90	90	0
TOTAL	1585	1533	52
PROMEDIO	132	128	
Desviación estándar	53.070	50.894	

Fuente: elaboración propia.

De un total de 1585 unidades solicitadas se surtieron 1533, por lo tanto el *Fill Rate* fue de 96.7%

$$\text{Tasa de cumplimiento (Full Rate)} = \frac{1533}{1585} \times 100\% = 96.7\%$$

Sin embargo, en sólo 4 de los 12 períodos se entregó todo lo solicitado. Ésta es también una medida de nivel de servicio. Si los datos corresponden a los pedidos mensuales de un cliente y éste evalúa el servicio por entregas completas, no estamos cumpliendo con sus expectativas. El porcentaje de órdenes completas (**Order Fill Rate**) es del 33.3%.

$$\text{Tasa de pedidos entregados completos} = \frac{4}{12} \times 100\% = 33.3\%$$

Si consideramos lo surtido como el nivel de inventario, el índice de rotación podría ser de $1533 \div 128 = 12$; es decir, lo que equivale a un mes de inventario ($12 \div 12 = 1.0$). Este resultado solo es un indicio debido a que la rotación considera el costo total de los vendidos y no lo demandado; en tal virtud no refleja el nivel de servicio ofrecido al cliente.



Manteniendo inventarios equivalentes a la demanda promedio

Ahora supongamos que mantenemos un inventario promedio de 132 unidades por mes como se muestra en el cuadro x el resultado sería de 284 unidades faltantes, con un mes de inventario. La tasa de cumplimiento (*Fill Rate*) se reduce en 82%, pero aumenta el número de órdenes completas (*Order Fill Rate*) a 67%; ante estos resultados podemos concluir que gestionar inventarios a nivel de su promedio no es muy conveniente porque los indicadores no mejoran mucho; es decir, no siempre produce resultados favorables.

Cuadro x. Inventarios equivalentes a la demanda promedio

CICLO DE PEDIDO	DEMANDA	INVENTARIO	SURTIDAS	FALTANTES
1	180	132	132	48
2	75	132	75	0
3	178	132	132	46
4	140	132	132	8
5	180	132	132	48
6	200	132	132	68
7	180	132	132	48
8	82	132	82	0
9	150	132	132	18
10	50	132	50	0
11	80	132	80	0
12	90	132	90	0
TOTAL	1585	1584	1301	284
PROMEDIO	132	132	108	
DESVSTA	53.070	0.000	30.551	

Nota: por redondeo la suma del promedio de inventario no coincide con la suma de los valores de la demanda.

Fuente: elaboración propia.

2.3. Logística para el control de inventarios

El tema del control de inventarios es un aspecto muy importante para la empresa porque de ello depende su nivel de competitividad. En la actualidad, el proceso de gestión de la cadena de suministro se distingue por crear las *mejores prácticas* para la gestión y control de inventarios a fin de lograr la mejor coordinación del suministro. En particular, la estrategia del proceso de consolidación y centralización de los inventarios se ha distinguido por la reducción de éstos en aras de lograr el menor costo total; por su parte, el uso de sistemas de codificación hace de los inventarios una actividad innovadora de gestión, que a través de las nuevas tecnologías se tiene una mayor precisión en el proceso de control; de igual manera, con las nuevas formas de control logístico han surgido una serie de sistemas de control de los inventarios, que han venido a cumplir una función reguladora de los sistemas de abastecimiento. Estos, son los tópicos que revisarás de este subtema.



2.3.1. Consolidación y centralización de inventarios

La red de distribución es determinante en el desempeño de la cadena de suministro de una empresa. La decisión sobre la consolidación y centralización de inventarios tiene que ver mucho con la naturaleza del producto y el comportamiento de la demanda, así como de la estrategia de comercialización que defina la empresa. La consolidación y centralización de inventarios es una estrategia que ubica en uno o pocos lugares las mercancías de la empresa.

Tradicionalmente el aprovisionamiento se envía directo a almacenes de distribución o clientes, como puede observarse en la figura x. Desde luego, el uso de este tipo de esquemas lleva implícito un mayor consumo de recursos y costos que si reducimos proveedores o centralizamos los inventarios en un solo centro de distribución para consolidar los pedidos de diferentes clientes, tal y como se presenta en las figuras siguientes.

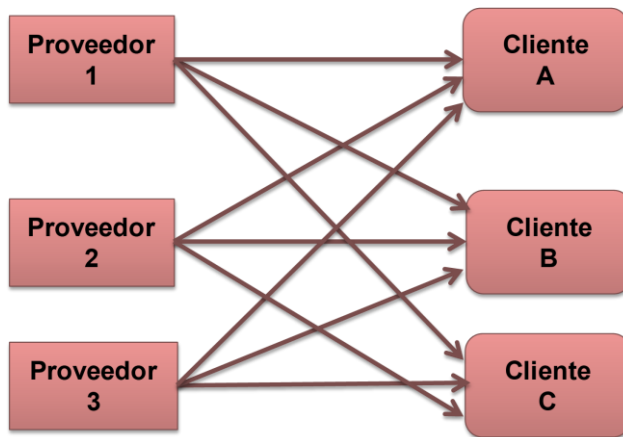


Figura. Suministro individual
Fuente: elaboración propia.

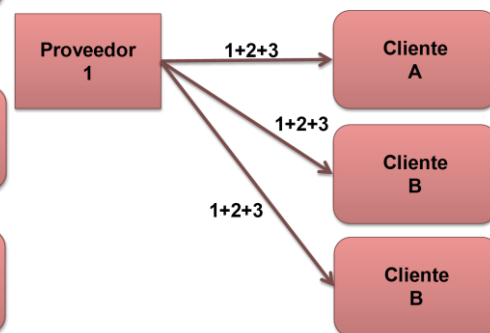


Figura. Reducción de proveedores
Fuente: elaboración propia.

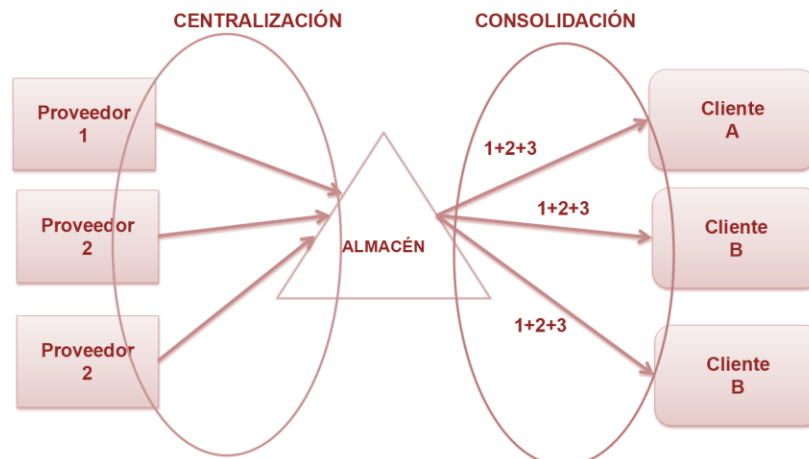


Figura. Centralización de inventarios
Fuente: elaboración propia.



En términos generales la **centralización** produce los siguientes beneficios:

- Menor stock de seguridad.
- Permite disminuir el inventario.
- Mejor nivel de servicio (tiempos de entrega).
- Permite consolidar los envíos.
- El transporte de mercancía es más eficiente.
- Se logran menos paradas por viaje.
- Los camiones viajan llenos la mayor parte de las veces.
- Se tienen más entregas por semana a la Tienda - mejor servicio.
- Existen mejoras de eficiencia en los puntos de venta -mano de obra.
- Menores costos fijos (economías de escala).
- Se logran menores costos totales de abastecimiento.
- Menor frecuencia de suministros.
- Aumenta el poder de negociación de los proveedores porque se mejoran los precios y condiciones de pago

Sin embargo, las **desventajas** de la centralización son los siguientes:

- Construcción de un Centro de Distribución.
- Aumento en los costos de mano de obra directa.
- Podría aumentar la merma por mala manipulación de los productos.
- Mayores costos de transporte a bodegas.

Independientemente de las ventajas y desventajas que puede presentar un sistema de centralización de inventarios es muy importante reconocer que no existe una solución fácil, debido a que se deben considerar algunos aspectos prácticos como, por ejemplo, definir a qué niveles de servicio debe mantenerse el inventario centralizado; cómo afectarán los costos de transporte en la decisión de la relocalización de inventarios, los tiempos de entrega, etc. Para evaluar la decisión de consolidación de inventarios, Ballou (2004) sugiere la metodología que él denomina “agrupación de riesgos o consolidación”. Para entenderla procederemos a elaborar un ejercicio de aplicación.

Evaluación de la decisión de concentración de inventarios

Por medio de la consolidación de inventarios en menos almacenes podremos reducir su nivel. Como vimos en los subtemas anteriores (2.2.3), el nivel de inventarios se logra con los pedidos regulares, que son afectadas por las políticas de inventarios y el *stock* de seguridad, influenciadas por el grado de incertidumbre de la demanda y el tiempo de entrega.



Ejemplo:

Supongamos que los amortiguadores para automóvil se surten a dos almacenes con los datos siguientes:

Almacén	Demanda promedio	Desviación estándar	Valor del producto	Costo del pedido	Costo por mantener inventarios	Nivel de servicio
Variables	D	S_{st}	C	S	I	NS
1	41	11	75	50	2% por mes	95%
2	67	9	75	50		95%

El plazo de entrega para ambos almacenes es de 0.5 meses (15 días).

La pregunta es: ¿Cuál sería el beneficio de consolidar el inventario en un solo almacén? Supongamos que para atender a su demanda, el almacén 1 solicita en promedio 52 unidades por mes, mientras que el almacén 2, coloca pedidos por 66 unidades.

De esta manera, el *stock* medio de ellos es el siguiente:

$$SM_1 = \frac{Q_1}{2} = \frac{52}{2} = 26 \text{ unidades.}$$

$$SM_2 = \frac{Q_2}{2} = \frac{66}{2} = 33 \text{ unidades.}$$

Por lo anterior, el inventario normal para los dos almacenes es de $26 + 33 = 59$ unidades. Por otro lado, de acuerdo con el nivel de demanda en los almacenes 1 y 2, el encargado colocará pedidos por 84 unidades por mes, teniendo en consideración que la demanda de amortiguadores se mantendrá en el almacén centralizador $D = 41 + 67 = 108$, por lo tanto:

$$SM = \frac{Q}{2} = \frac{84}{2} = 42 \text{ unidades.}$$

Por otro lado, el *stock* de seguridad se determinará como se hizo en el subtema 2.2.3, de la siguiente manera:

$$SS = z * S_{st} * \sqrt{PE}$$

Para un nivel de servicio 95%, la z es de 1.96; por tanto, sustituyendo valores tenemos:

$$SS_1 = 1.96 * 11 * \sqrt{0.5} = 15.25 \text{ unidades.}$$

$$SS_2 = 1.96 * 9 * \sqrt{0.5} = 12.47 \text{ unidades.}$$



Por tanto para ambos almacenes las existencias de seguridad son $15.25 + 12.47 = 27.72$ o 28 amortiguadores.

Para el caso del almacén centralizador, calculamos la desviación estándar de la demanda con la siguiente ecuación:

$$Sst_c = \sqrt{S_{st1}^2 + S_{st2}^2}$$

$$Sst_c = \sqrt{11^2 + 9^2} = 14.21$$

Por lo anterior, las existencias de seguridad para el almacén centralizador sería el siguiente:

$$SSc = 1.96 * 14.21 * \sqrt{0.5} = 19.69 \quad \text{ó} \quad 20 \text{ unidades}$$



De esta manera el inventario total para el almacén centralizador sería de: $42 + 20 = 62$ amortiguadores, mientras que para los dos almacenes sería de: $59 + 28 = 87$ amortiguadores. Por lo que se demuestra que el inventario total disminuye con la consolidación.

Regla de la raíz cuadrada

Es un método muy simple para determinar el efecto de la consolidación de los inventarios, suponiendo que todos los almacenes de suministro manejan la misma cantidad de inventario y que siguen una política de lote económico de pedido que se determina con la fórmula de *EOQ* (*Economic Order Quantity*) que revisarás en la Unidad 3 de esta Unidad Didáctica. Por lo pronto, la regla de la raíz cuadrada se establece de la siguiente manera:

$$Q_{cons}^* = Q_i^* \sqrt{n}$$

Donde:

$$Q_{cons}^* = \text{Inventario óptimo consolidado.}$$

$$Q_i = \text{Cantidad de inventario en cada ubicación } i; \text{ desde } i = 1 \dots n.$$

$$n = \text{número de ubicaciones de surtimiento antes de la consolidación.}$$

Ejemplo:

Una empresa opera 16 almacenes públicos regionales. Cada uno maneja \$165,000 de inventarios en promedio. ¿Si los inventarios se consolidan en una sola ubicación, ¿Cuánto inventario podría esperarse?

$$Q_{cons}^* = 165,000 * \sqrt{16} = \$660,000$$

Nota que antes se manejaba un inventario total de $\$165,000 * 16 = \$2'630,000$

Consolidación en varios almacenes

Si se quieren consolidar los inventarios en dos almacenes, despejamos Q_i de la ecuación original y hacemos $n=2$, tenemos:

$$Q^*$$

$$Q_i = \frac{cons}{\sqrt{n}}$$

$$Q_2 = \frac{660,000}{\sqrt{2}} = \$446,000$$



Es decir, el inventario en dos almacenes es de $2 \times \$446,000 = \$993,381$; lo que significa un ahorro de $\$2'630,000 - \$993,381 = \$1'696,619$ por concepto de inventarios, por pasar de 16 a 2 almacenes.

2.3.2. Sistemas de codificación

En la administración del inventario es vital tener un control eficiente de las existencias, a través de la clasificación y registro de cada uno de los artículos almacenados, cuando el inventario a administrar tiene una gran variedad de productos y se almacenan grandes volúmenes el control de vuelve cada vez más arduo y complejo. Llevar a cabo una identificación y registro minucioso de cada uno de los productos existentes en un inventario de manera manual es lento y costoso, se requiere de lograr una identificación y registro preciso de cada uno de los artículos que conforman el inventario, de otra manera los registros podrían indicar existencias de un producto agotado ocasionando el desabasto de productos o por otra parte, la falta de registro de productos existentes daría como resultado la acumulación de productos obsoletos.

Para llevar a cabo un registro más rápido y preciso de artículos de un inventario, reduciendo al mínimo los errores humanos las empresas, han implementado sistemas de codificación los cuales permiten identificar y registrar los productos de una manera rápida y sin error haciendo uso de tecnologías de comunicaciones; la utilización de dichos sistemas se han llegado a convertir en la ventaja competitiva de muchas empresas. Un ejemplo de ello son las tiendas departamentales como SEARS donde todas las tiendas tienen la posibilidad de ubicar un producto que se encuentra localizado en cualquiera de sus almacenes y despacharlo directamente al domicilio de sus clientes sin que este toque la tienda que lo vendió. Así mismo la empresa empacadora de vegetales congelados “La Huerta” tiene un sistema de control de inventario operado totalmente de manera automatizada y gracias a su sistema de codificación, pueden rastrear en cualquier momento las existencias de un producto y su localización al interior del almacén refrigerado; las grandes librerías, se han extendido a diversos estados de la República Mexicana, pero pueden enlazarse entre sí para localizar un libro en especial, etc.

Los sistemas de codificación presentan múltiples beneficios en el control de inventarios.

- Rapidez en el registro de datos.
- Mayor precisión, sin errores.
- Reducción en costos de Mano de Obra.
- Reducción de pérdidas debidas al registro incorrecto de productos.
- Mayor control de los niveles de inventario.
- Mejora la trazabilidad permitiendo conocer cada uno de los movimientos del almacén.
- Aporta información precisa de las existencias en tiempo real.



Dos de los sistemas de codificación más utilizados para el control de los inventarios son el **código de barras** y el **sistema RFID**, los cuales se describen brevemente a continuación:

- **Códigos de barras:** Uno de los sistemas de codificación más comúnmente usados es el código de barras, el primer código de barras se patentó en 1949 por Norman Woodland y Bernard Silver, este consistía en círculos concéntricos. A finales de los años 60s y principio de los 70s se comenzó a aplicar el código de barras que conocemos hoy en día, el cual consiste en etiquetas que tienen impresa una serie de barras negras con diferentes anchos y espacios en blanco que permite identificar artículos, pues estas barras en realidad son un código que contiene información del producto, este código es leído por lectores ópticos (scanner), los cuales miden la luz reflejada e interpreta este código con números y letras para posteriormente transmitirlos a equipos que registran y procesan la lectura arrojada por el lector óptico. En 1987 se crea el primer código bidimensional, mismo que se hizo popular a partir de 1990 en algunos sectores debido a que este último tiene la posibilidad de contener una mayor cantidad de información con respecto a los códigos de barra tradicionales.
- **Identificación por radio frecuencia:** El RFID por sus siglas en inglés (Radio Frecuencia Identificación) al igual que los códigos de barras permiten la identificación y registro de artículos, sin embargo, este último tiene la ventaja de permitir la lectura de datos de manera remota. Gracias a unos pequeños dispositivos llamados *transpondedores*, *Tags* o *etiquetas de radio frecuencia*, que se adhiere al producto y este puede ser percibido por un lector que puede estar ubicado en la entrada del almacén, esta tecnología resulta ser bastante eficiente para conocer la ubicación de los productos al interior de almacén, pero también reduce las mermas por robos, lo cual permite que efectivamente se conozca con precisión las existencias del inventario. Un caso de éxito se presenta continuación para darte una mejor idea de su funcionamiento.



Caso Hush Puppies®

(Ejemplo de aplicación del RFID)

Debido a la manipulación, comprobación visual y registro de forma manual de alguno de los procesos, la empresa INDEXPORT, S.A., fabricante y distribuidora de productos de calzado de la marca HUSH PUPPIES®, en el centro de distribución ubicado en Castellón, España, le era imposible conocer en tiempo real la disponibilidad de su *stock* y le provocaba que en determinadas ocasiones la información de la disponibilidad no fuera del todo precisa, conduciendo a errores en la captación de pedidos debido a que la información de los sistemas de gestión no coincidía con el flujo real del material. Ante ello, existía la necesidad de implantar una tecnología que permitiera automatizar y agilizar los procesos para incrementar su productividad. La empresa se propuso eliminar por completo los procesos manuales que provocaban errores humanos, impactando negativamente en su eficacia, sobre todo en la disponibilidad y gestión logística de los productos que distribuía. Por tanto, se procedió a medir los procesos de la empresa para analizarlos y tomar las decisiones correctas para su mejora. Debía conocerse la realidad de la empresa con precisión y veracidad.

Situación anterior

Para la identificación de los artículos, la empresa utilizaba el sistema de códigos de barras EAN-13, lo que en su momento ayudó a reducir los costos y optimizar los recursos. Por ejemplo, redujo el tiempo dedicado a realizar inventarios, se logró una mayor fiabilidad de los mismos, mejoró la visibilidad, etc., A pesar de este avance, dicha tecnología tenía sus limitaciones. Como ya se dijo, el proceso de inventario no estaba exento de errores, por ejemplo: a veces se leía dos veces la misma caja o se saltaba alguna de éstas, contaba más unidades de las que realmente habían, etc.



Solución

Con la implementación de la tecnología RFID, para la realización de un inventario el tiempo se redujo sustancialmente y margen de error en el proceso es inexistente. Antes de implantar esta solución se analizó con profundidad el flujo de los procesos y la información. Se etiquetó a nivel de artículo cada uno de los pares de zapatos que llega al centro de distribución. El etiquetaje lo realiza el proveedor. Los empleados disponen de varios terminales móviles RFID de mano con conectividad WiFi. En la planta existen dos andenes de carga y descarga en los cuales se ha instalado un arco de lectura. Cada uno dispone de señales visuales y sonoras para la señalización de incidencias o alarmas que se produzcan durante su funcionamiento. En uno de los laterales de cada arco existe una pequeña pantalla táctil que permite a los operarios interactuar con su funcionamiento, así como visualizar cierta información relacionada con alarmas, incidencias, pedidos de compra y venta en curso, unidades leídas, etc.

Funcionamiento

Cuando arriba el pedido del fabricante al centro de distribución, los artículos se reciben de manera automática a través de los lectores RFID situados en las puertas de entrada. Cuando el montacargas cruza el pallet con las cajas, el sistema verifica su contenido de forma unitaria, validando la información con los sistemas de gestión y realizando los diferentes movimientos. En este momento se comprueba que la mercancía recibida coincida con el pedido realizado al fabricante. En caso contrario se iniciarían los procesos correspondientes para su solución ya que la empresa conoce los artículos que faltan con detalle a nivel de talla, modelo, color y cantidad. Por otro lado, el sistema registra la entrada de los productos en el almacén, actualizando en tiempo real la disponibilidad de cada uno de los artículos.

Las cajas de calzado recibidas son trasladadas a la zona de verificación de calidad. En este proceso, se evalúan qué productos tienen la calidad adecuada y cuáles no. A través del lector móvil RFID de mano se leen las etiquetas de los productos rechazados para identificar su estado, y son apartadas del resto. Al finalizar el proceso se envía la mercancía al almacén definitivo. Si alguna de las cajas que se transportan está declarada como rechazada, el sistema lo detecta y alerta para su corrección. Una vez identificados todos los productos del almacén, el sistema, con los lectores móviles y portales RFID, detectará cualquier modificación o movimiento. Por ejemplo, un agente de ventas tiene que llevarse varios pares de zapatos como muestras, o las salidas a la tienda contigua, e incluso cuando un cliente se acerca al centro de distribución directamente a recoger su pedido.

Al realizar el *picking* de un pedido, el sistema genera y asigna al trabajador una orden. Éste, a través del lector móvil RFID de mano busca y asigna cada una de las cajas de zapatos a dicho pedido, y las agrupa para formar el pedido completo. El sistema se encarga de actualizar la disponibilidad del *stock*, reservando dicho producto. Los operarios pueden buscar un par de zapatos concretos dentro del almacén o pueden realizar un inventario de diferentes zonas. En caso de querer buscar un producto, se le especifica cuál y se pasa el lector por las cajas del almacén. En el momento que lo detecta, el software alertará para poder extraerlo de manera fácil y rápida. En cambio, si se quiere hacer un inventario, se especifica dicha función y se pasa el lector móvil por todas las filas y columnas de zapatos del almacén o de las zonas que se quieran inventariar. A nivel de dirección, se pueden extraer informes de rendimiento, *stock*,



pedidos realizados, pendientes, rotación de los productos o histórico de trazabilidad de un producto en específico. El sistema registra todo el histórico de datos de cada uno de los productos, obteniendo una trazabilidad precisa y fiable de los procesos.

Beneficios

La empresa conoce con precisión y en tiempo real, la situación del *stock* de cada uno de los productos. Puede proporcionar a los clientes una mejor atención, por ejemplo, puede atender rápidamente el pedido o realizar un pedido a fábrica por falta de disponibilidad del producto demandado. Los empleados realizan los procesos con mayor brevedad, como el *picking*, expidiendo los productos con mayor eficacia y productividad. Con el RFID se han eliminado los errores en las expediciones de los pedidos. Se pueden extraer informes sobre diferentes aspectos, por ejemplo, tiempo que se lleva en realizar un pedido o el período en tiempo que está un cierto producto en el almacén. Los datos proporcionados por la solución RFID permiten medir todos los procesos de la empresa. Los directivos tienen la posibilidad de analizar los resultados y tomar decisiones para mejorar.

Fuente: Magazine RFID.

2.3.3. Técnicas del control logístico de los inventarios

A lo largo del tiempo la logística para el control de inventario ha venido evolucionando de manera importante. A grandes rasgos puede decirse que la tecnología ha tenido mucha influencia en la determinación de los recientes sistemas de control de inventarios, los cuales, Ballou (2004), haciendo una analogía interesante con la teoría de los sistemas de control, los clasificó en tres tipos: sistema de lazo abierto, cerrado y modificado.

Sistema logístico de control de inventario de lazo abierto

Ogata (2003), señala que los sistemas de lazo abierto la salida no tiene efecto sobre la acción del control; es decir, que el sistema de control no mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. De esta manera, a cada entrada le corresponde una condición de operación fija, como resultado de ello, la precisión depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, este tipo de sistema no realiza la tarea deseada. En la práctica este tipo de sistemas se utiliza cuando se conoce la relación entre la entrada y la salida, por esta razón Ballou (2004) nos dice que este sistema tiene aplicación en sistema de gestión de inventarios porque permite la intervención humana comparando el desempeño real contra el deseado. En este caso, los tomadores de decisiones pueden intervenir positivamente antes de que sea necesaria una acción correctora. En la figura x. puede observarse dicho comportamiento.

Las principales ventajas de este sistema son dos: flexibilidad y bajo costo.

La flexibilidad es benéfica por las siguientes razones: a) cuando están sujetas a cambios constantes las metas, planes e influencia ambiental; y b) el control de procesos automatizados son costosos y limitantes.

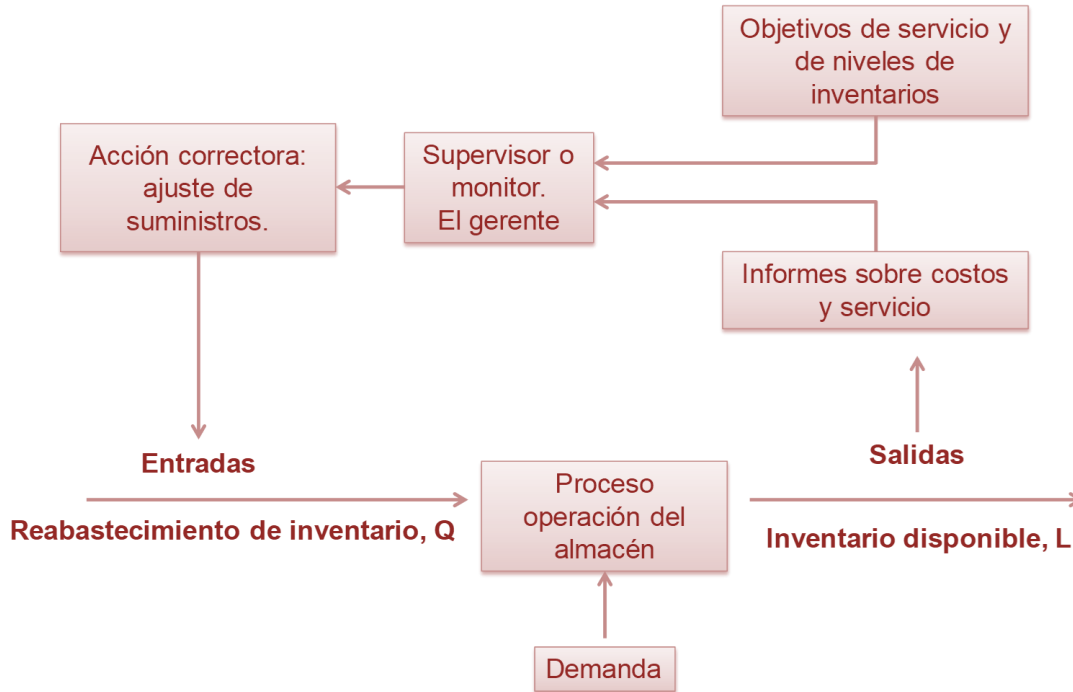


Figura. Sistema logístico de control de inventario de lazo abierto

Fuente: Ballou (2004)

Sistema logístico de control de inventario de lazo cerrado o retroalimentado

Para Kuo (1996) lo que hace en el sistema de control de lazo abierto para que sea más exacto y más adaptable es una conexión o retroalimentación desde la salida hasta la entrada del sistema. Lo anterior para llevar a cabo la comparación de la entrada con la salida, para efecto de generar una señal que proporcione la diferencia entre la entrada y la salida para subsanar el error. Ogata (2003) considera que esta situación es una ventaja para el sistema toda vez que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Ballou (2004) nos comenta que en el ámbito de la logística el control de los inventarios es uno de los elementos que más se ha buscado reducir la intervención humana en los procesos de control. En este caso, la sustitución del operador o tomador de decisiones sobre la gestión de inventarios, recae en la figura de un controlador automático que actúa como lo haría el gerente bajo ciertas reglas de decisión.

En la siguiente figura se presenta un sistema de control de inventarios de la cantidad fija de pedido-intervalo de pedido variable, con demanda constante y tiempo de espera. En la figura, el sistema toma la decisión de abastecer el inventario en la medida en que la demanda lo utiliza. La regla de decisión que se plantea ahí nos dice que cuando el punto de reorden está por debajo del inventario disponible, inmediatamente debe colocarse la orden de tamaño Q^* .

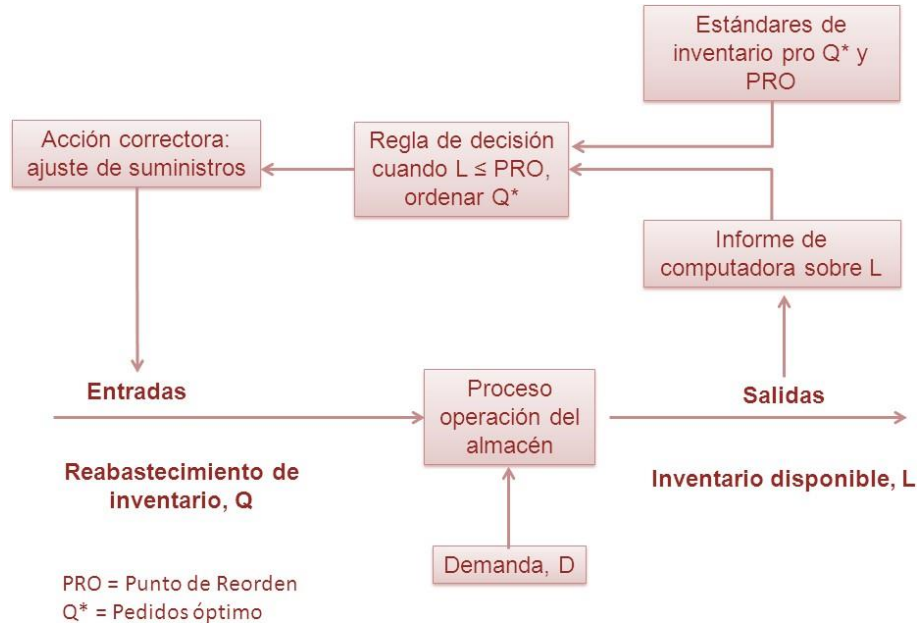


Figura. Sistema logístico de control de inventario de lazo cerrado

Fuente: Ballou (2004)

Sistema logístico de control de inventario modificado

La existencia cierta desconfianza o la renuencia de basarse en los sistemas automatizados y los resultados que pueda arrojar una computadora, son motivo principal de este tipo de sistemas. En el sistema de control logístico modificado, los responsables de las tomas de decisiones, intervienen en los resultados a través de la modificación directa de las reglas, con base en que cuenta con mucho más información que el sistema de control automático y se encuentra en posición juzgar el desempeño del sistema de control (Ballou, 2004).

En general, un sistema de control automatizado, no responde a información como quejas de cliente, anuncios promocionales de la competencia, cambios en el servicio de transporte, o de modificaciones a la producción, etc. La siguiente figura, muestra el esquema del sistema logístico modificado, que de acuerdo con Ballou (2004) es el más empleado en la práctica.

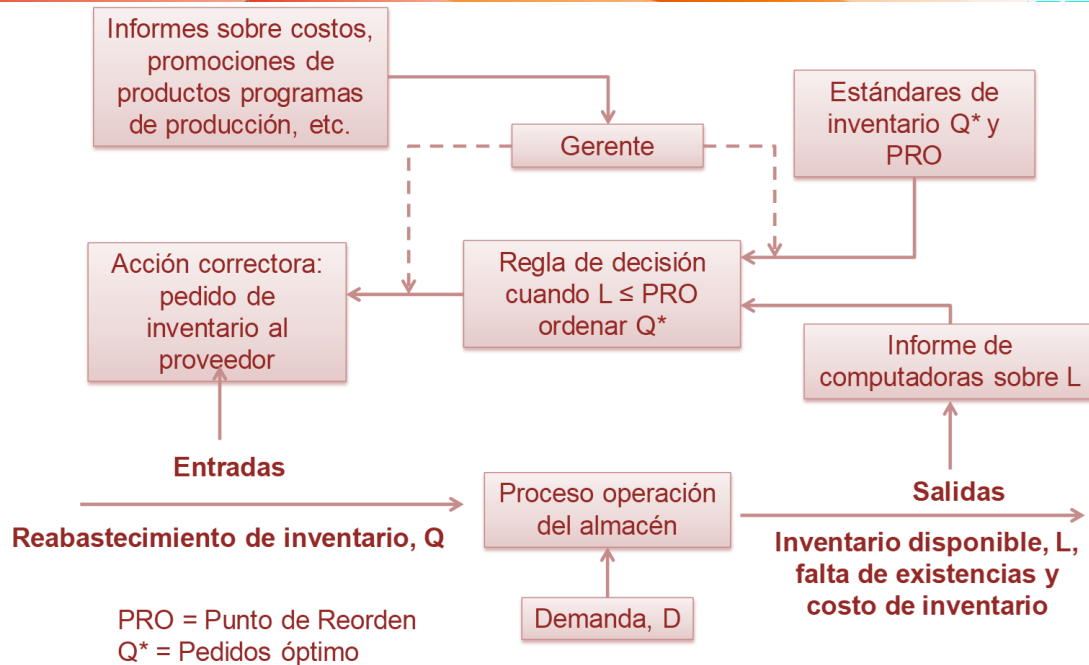


Figura. Sistema logístico de control de inventario modificado

Fuente: Ballou (2004)

Los sistemas de control logístico de inventarios incluyen los siguientes componentes:

- Presupuesto
- Objetivos
- Consideración explícita de la logística como centro de utilidades
- Sistemas de apoyo (por ejemplo: tecnológicos e información)
- Auditorías

Por ser éste último uno de los elementos directos en el control de los inventarios procederemos a revisar sus partes más importantes.

¿Qué es una auditoría de inventarios?

Es una revisión periódica del estado del nivel del inventario que permite un control físico de las mercancías. Este tipo de auditorías son esenciales porque identifica las disparidades que son causadas por los ajustes hechos a los inventarios por una reducción drástica de la demanda, los reabastecimientos, devoluciones, y obsolescencia de productos. Otros eventos también pueden llevar a disparidades, tales como: robo, daños, y errores en los informes de inventario, que pueden confundir la disponibilidad real de los productos.

Objetivos de las auditorías de inventarios.

- Comprobar físicamente su existencia
- Corroborar que el total de los inventarios estén registradas conforme a sus características.



- Asegurar la propiedad de la empresa.
- Verifica el estado de los artículos
- Diferenciar los artículos o materiales en mal estado, obsoletos o de lento movimiento.
- Valorar los productos, identificando si alguno ha perdido valor
- Evaluar la consistencia de los sistemas y métodos de valoración.
- Determinar los gravámenes que existan.
- Comprobar su adecuada revelación y presentación en las Cuentas de la empresa.

AT Consultores & Auditores desarrolló una metodología que emplea para la aplicación de auditorías de inventarios, misma que puede observarse en la figura x, la cual parte desde el conocimiento particular de las áreas de la empresa, por ejemplo, principales procesos de actividad, centros de actividad, producción sistema de distribución, localización de los inventarios y almacenes: e incluso el sistema de costos, la identificación de los riesgos inherentes, así como las actividades que apoyan a la gestión de inventarios, para llegar a la planificación y diseño del programa de trabajo, que será aplicado en la auditoría de inventarios.

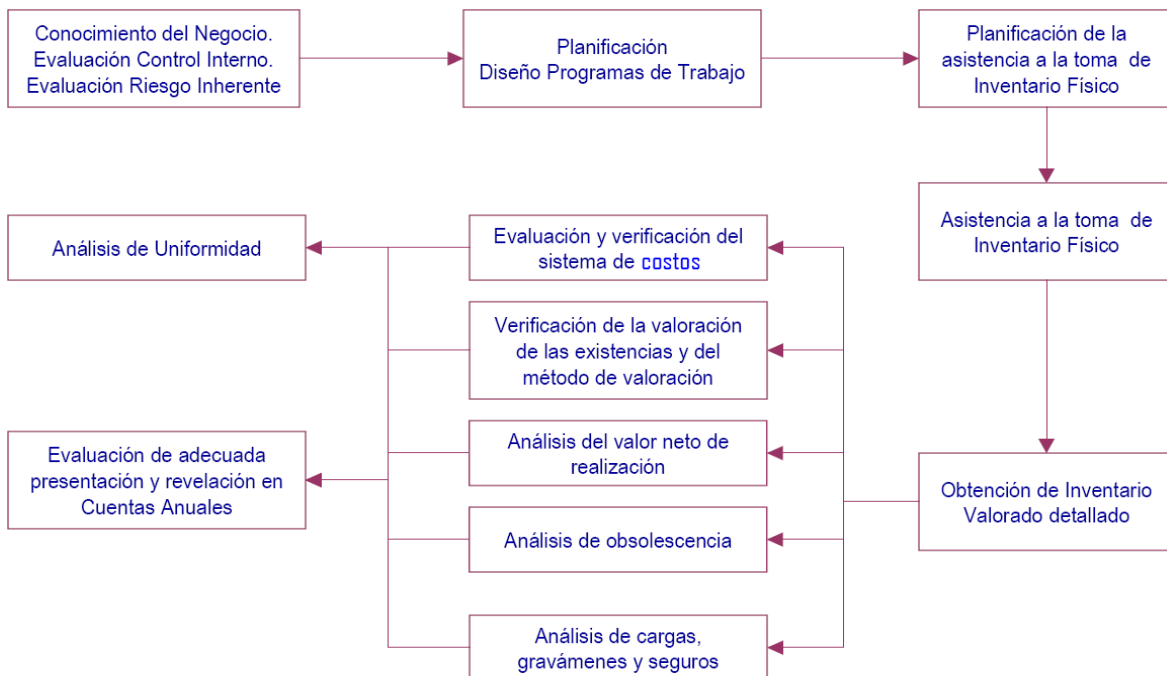


Figura. Proceso de auditoría de inventarios

Fuente: AT Consultores & Auditores.

Emprender un conteo físico no es sencillo, porque esto a veces entorpece las actividades normales dado el tiempo en que se lleva a cabo. Algunas empresas tienen que suspender las operaciones para no perder el control, tanto de las operaciones como del inventario físico que se realice.



Cierre de la unidad

¡Muchas felicidades!, has concluido la Unidad 2 de la Unidad Didáctica de Inventarios. Como te pudiste dar cuenta, los temas de los sistemas de control de inventarios son parte fundamental de la gestión logística, pues el conocimiento particular de la demanda es la parte esencial de la gestión de la cadena de suministro. Identificar los tipos de demanda y aprender a utilizar las técnicas de previsión es muy importante, por ello estamos seguros que te dan las herramientas necesarias para hacer pronósticos de la demanda, con lo cual tendrás la oportunidad de planificar de manera natural los requerimientos de la misma, entre ellos, los niveles de servicio, ya sea utilizando la técnica de análisis ABC, las métricas de control o el mismo procedimiento que relaciona los niveles de inventario y el nivel de servicio. Por último, y no menos importante, pudiste aprender la importancia de las estrategias empleadas para el control de los inventarios, que incluyó los sistemas de codificación y las nuevas formas o sistemas de control logísticos que han surgido en los últimos años.

Pues bien con esto estamos completamente seguros que estás listo para abordar la Unidad 3 de Modelos básicos para la gestión de inventarios, los cuales vienen a redondear este curso, y en donde aprenderás a determinar a establecer la política de inventario, a partir del tamaño del lote económico, conocido como EOQ (*Economic Order Quantity*), y de algunas de sus derivaciones.

Para saber más

Te sugerimos revisar estos documentos para reforzar el subtema 2.2.2 Métricas de control de inventarios.

- AENOR (2003). *Guía para la implantación de sistemas indicadores*. Edita Norma UNE66175:2003. España. <https://www.aceroscampollano.com/wp-content/uploads/2014/06/UNE-66175-2003-Guia-para-la-Implantacion-de-Sistemas-de-Indicadores.pdf>
- Mora, L. (2007). *Indicadores de la gestión logística*. Editor Ecoe Ediciones, Colección Textos Universitarios: Área Administración, Edición 2, ISBN 9586485633, 9789586485630. 121 páginas.



Fuentes de consulta

Básicas

- AECOC (2002). *Las claves de la Supply Chain*. Programa de Innovación Logística (Programa PILOT).
- Bowerman, B, y Oconnell, R. (2007). *Pronósticos, series de tiempo y regresión: un enfoque aplicado*. Edición 4 Editor Cengage Learning Editores. ISBN 970686606X, 9789706866066, 720 páginas.
- Bragg, S. (2011). *Inventory Best Practices*.(2da Ed).John Wiley & Sons, Inc. USA, Hoboken, New Jersey.
- Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. Editorial Pearson Educación, pág. 90. ISBN 970260771X, 9789702607717.
- Chopra, S. y Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, Planeación y Operación*. 3ra edición. Pearson Educación de México, S. A. de C. V. México.
- De La Fuente, D, Parreno, J, y Pino, R. (1995). *Métodos cuantitativos de previsión*. Ed. Servicio de publicaciones de la Universidad de Oviedo. ISBN: 8474688833 v.
- Flores, J. (2004). *Medición de la efectividad de la cadena de suministro*. Editor Panorama Editorial, p.27.
- Fogarty, D; Blackstone, J; y Hoffmann, T. (1999).*Administración de la producción e inventarios* (2da Ed.). México: Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. CECOSA.
- Gaither, N y Frazier, G. (2000).*Administración de producción y operaciones*. Edición 4. Editor Cengage Learning Editores, pág. 846.
- García, P. (2004). *Gestión de stocks de demanda independiente*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia; ISBN 8497055217, 9788497055215, p. 25.
- Ghiani, G, Laporte, G, y Musmanno, R (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*.JohnWiley& Sons Ltd, England.
- Krajewski, L. y Ritzman, L. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. Edición 5. Editor Pearson Educación. ISBN 9684444117, 9789684444119, 892 páginas.
- Mercado, C. (2008). *Hands-On Inventory Management*.Auerbach Publications.Taylor & Francis, Group. USA.
- Muller, M. (2004). *Fundamentos de administración de inventarios*. Grupo Editorial Norma. Bogotá, Colombia.
- *Principios de administración de operaciones*. Edición 5. Editor Pearson Educación, ISBN 9702605253, 9789702605256, 638 páginas: p. 121.Ballou R. H. (2004) *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Cuarta edición. E.U.A.: Prentice Hall.
- Stuart, E. y David, G. (2007). *Excellence In Inventory Management: How To Minimise Costs And Maximise Service?* First Ed. Cambridge Academic. United Kingdom.



- Wisner, J. Tan, K, y Leong, K. (2008). *Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach*. Edición 2, ilustrada. Editor Cengage Learning, ISBN 0324657919, 9780324657913, pág. 224.

Complementarias

- AT Consultores & Auditores (s.f). *Auditoría de existencias y costos de producción*. Recuperado de: <https://studylib.es/doc/4651778/auditor%C3%ADa-de-existencias-y-costes-de-producci%C3%B3n>
- Cardozo, H (2006). *Auditoría del sector solidario: aplicación de normas internacionales*. ECOE Ediciones. Cuenca Colección Textos Universitarios, , p.105.
- Gigola, C. (2005, junio). *Pronosticar la demanda es estimar su variabilidad*. Inbound Logistics México. Número 4.
- Heredia, A. (2001). *Sistema de indicadores para la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos*. Editor Universitat Jaume I.
- Kuo, B. (1996). *Sistemas de control automático*. Editor Pearson Educación, ISBN 9688807230, 9789688807231, 7ª ed. p. 9.
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Editor Pearson Educación, ISBN 8420536784, 9788420536781, 4 ed. P. 7.
- Reyes, E. (2002). *Introducción a la logística internacional*. Bufete Internacional de Intercambio; ISBN 9686973451, 9789686973457, 152 páginas.