

CAPÍTULO I: INVENTARIOS

1.1 Introducción

Los inventarios han existido desde tiempos inmemorables. Pueblos de la antigüedad almacenaban grandes cantidades de alimentos para satisfacer las necesidades de la gente en épocas de sequía. Los inventarios existen porque son una forma de evitar problemas por escasez. En una empresa, el objetivo de los inventarios es proveer los materiales necesarios en el momento indicado.

Citando a Chiavenato en su libro *Iniciación a la Administración de Materiales*, “Existencias es la composición de materiales que no se utilizan momentáneamente en la empresa, pero que necesitan existir en función de las futuras necesidades”.¹ De acuerdo con P. J. H. Baily, se mantienen inventarios por dos razones principales: por razones de economía y por razones de seguridad. Económicamente, existirán ahorros al fabricar o comprar en cantidades superiores, tanto en el trámite de pedidos, procesamiento y manejo, así como ahorros por volumen. Por otro lado, los inventarios de seguridad previenen fluctuaciones en la demanda o entrega, protegiendo a la empresa de elevados costos por faltantes.²

El problema de los inventarios es que su nivel no debe ser tan alto que represente un costo extremo al tener paralizado un capital que podría emplearse con provecho, de igual forma, demasiado poco provocaría que la empresa produzca sobre pedido, situación igualmente desfavorable puesto que debe satisfacer de inmediato las

¹ Chiavenato, I., 1993, *Iniciación a la Administración de Materiales*, Mc Graw Hill, México

² Baily, P.J.H., 1991, *Administración de Compras y Abastecimientos*, Compañía Editorial Continental, México

demandas de los clientes. La empresa debe determinar el nivel apropiado de inventarios que equilibra estos dos extremos, como lo sugiere la figura 1.1.

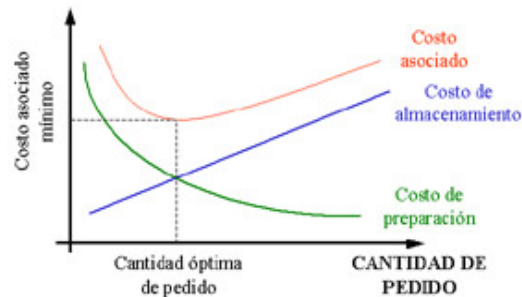


Figura 1.1 Relación entre los costos asociados y la cantidad de pedido ³

1.2 Clasificación de Inventarios

El inventario puede clasificarse por su forma o función. ⁴

1.2.1 Clasificación de inventarios por su forma

El inventario se mantiene de tres formas distintas:

- **Inventario de materia prima (MP)**, constituyen los insumos y materiales básicos que ingresan al proceso.
- **Inventario de producto en proceso (PP)**, son materiales en proceso de producción.
- **Inventario de producto terminado (PT)**, que representan materiales que han pasado por los procesos productivos correspondientes y que serán destinados a su comercialización o entrega.

1.2.2 Clasificación de inventarios por su función ⁵

³ Fuente: www.investigacion-operaciones.com

⁴ Noori, H., Radford, R., 1997, Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida, Mc Graw Hill, Colombia

***Inventario de Seguridad o de Reserva*, es el que se mantiene para compensar los riesgos de paros no planeados de la producción o incrementos inesperados en la demanda de los clientes.**

Si todo fuera seguro, los inventarios de seguridad no tendrían razón de ser, sin embargo, en la realidad es normal que exista una variabilidad de la demanda y por lo tanto, es necesario recurrir a los inventarios de seguridad si se desean satisfacer los objetivos servicios.

***Inventario de desacoplamiento*, es el que se requiere entre dos procesos u operaciones adyacentes cuyas tasas de producción no pueden sincronizarse; esto permite que cada proceso funcione como se planea.**

***Inventario en tránsito*, está constituido por materiales que avanzan en la cadena de valor. Estos materiales son artículos que se han pedido pero no se han recibido todavía.**

El inventario se traslada de los proveedores a las empresas, a los subcontratistas y viceversa, de una operación a otra y de la empresa a los comercios. Cuanto mayor sea el flujo por la cadena de valor, mayor será el inventario.

***Inventario de ciclo*, resulta cuando la cantidad de unidades compradas (o producidas) con el fin de reducir los costos por unidad de compra (o incrementar la eficiencia de la producción) es mayor que las necesidades inmediatas de la empresa.**

⁵ Noori, H., Radford, R., 1997, Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida, Mc Graw Hill, Colombia

Puede resultar más económico pedir un gran volumen de unidades y almacenar algunas de ellas, para utilizarlas más adelante.

Inventario de Previsión o Estacional se acumula cuando una empresa produce más de los requerimientos inmediatos durante los periodos de demanda baja para satisfacer las de demanda alta.

Con frecuencia, este se acumula cuando la demanda es estacional.

1.3 Costos de Inventario⁶

Cuanto mayor sea el nivel promedio del inventario, mayor será el costo total de producción. En general, los costos relacionados con el inventario comprenden los costos de artículo, costos de colocación de los pedidos (organización del proceso), costos de mantenimiento y costos de agotamiento (escasez) de existencias.

- Los **costos del artículo** se refieren al precio de compra de algún artículo que la empresa adquiera o ésta produzca. Para bienes comprados, el precio total incluye el precio de lista, costos de transporte y envío, impuestos, y aranceles. En caso de artículos manufacturados, incluyen el costo de materias primas, mano de obra y gastos de distribución. Pueden ser constantes, o se pueden ofrecer con un descuento que depende del volumen del pedido.
- Los **costos de colocación del pedido** son los ocasionados por el transporte de un pedido de artículos. Abarcan actividades de compra, preparación de especificaciones y documentos, órdenes de compra, seguimiento a los proveedores e inspección de pedidos cuando llegan. Los **costos de organización**

⁶ Noori, H., Radford, R., 1997, Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida, Mc Graw Hill, Colombia

del proceso son los costos de cambiar el proceso de producción de un producto a otro. Los costos de colocación y organización.

- Los **costos de mantenimiento** son los gastos en que se incurre al mantener inventarios, p. ej. alquiler, electricidad, impuestos, pérdidas, obsolescencia, primas de seguros y costos de mano de obra.
- Los **costos de agotamiento (escasez) de existencias** se causan cuando la empresa no puede satisfacer por completo el pedido de un cliente. La compañía pierde el margen de aportación de esa venta y puede perderlo en ventas futuras. En algunas ocasiones debe pagarse una sanción.

1.4 Características de la Demanda⁷

Las principales características de la demanda son:

- **Continua o Discreta:** La unidad de medida de la demanda puede variar según el entorno y la presentación del artículo concreto (unidades, centenas, litros, kilogramos, etc.)
- **Determinística o Probabilística:** Hay casos en que la demanda futura se supone perfectamente conocida; otras veces se supone que los valores de la demanda son aleatorios.
- **Dependiente o Independiente:** La demanda de componentes dependerá de la demanda de productos finales, mientras que la de estos últimos se considerará independiente.
- **Homogénea o Heterogénea:** La demanda es homogénea si su valor es constante en el tiempo.

⁷ Juan, A., García R., Gestión de Stocks: Modelos deterministas, www.uoc.edu

- **Diferida o Perdida:** Si no se satisface la demanda (ruptura de inventario), a veces será posible diferir la entrega.

1.5 Modelos de Inventario ⁸

1.5.1 Modelos de Inventarios Determinísticos

Un factor importante en la formulación de un modelo de inventario es que la demanda (por tiempo de unidad) de un artículo, que puede ser *determinística* (conocida con cierto grado de certidumbre) o *probabilística* (descrita mediante una distribución de probabilidades).

1.5.1.1 Política de Inventario

Una **Política de Inventarios** es un procedimiento llevado a cabo para auxiliar a los responsables a responder a las dos siguientes preguntas:

1. *¿Cuánto* se debe ordenar?
2. *¿Cuándo* se deben colocar los pedidos?

La respuesta a la primera pregunta determina el lote económico (Economic Order Quantity) al minimizar el siguiente modelo de costo:

$$\text{Costo total del inventario} = \text{Costo del artículo} + \text{Costo de colocación del pedido} + \text{Costo de mantenimiento} + \text{Costo de agotamiento}$$

La respuesta a la segunda pregunta, depende del tipo de control de inventarios que tenemos. Si se requiere una **revisión periódica** (p. Ej. semanal o mensual), el momento

⁸ Taha, H., 1991, Investigación de Operaciones, Ed. Alfaomega, México

de hacer un nuevo pedido coincide con el inicio de cada periodo. De manera alternativa, si el control se basa en una **revisión continua**, los nuevos pedidos se colocan cuando el nivel de inventario desciende a un nivel previamente especificado, llamado el **punto de reorden**.

1.5.1.2 Modelos estáticos de Lote Económico (EOQ)

1.5.1.2.1 Modelo EOQ clásico

Desarrollado en primera instancia por Ford Harris en 1915⁹, el **Modelo del Lote Económico (EOQ)** calcula la cantidad que debe pedirse o producirse minimizando los costos de colocación del pedido para el inventario y los costos de manejo de inventarios. El Modelo del Lote Económico se basa en las siguientes hipótesis simplificadas:

- La tasa de demanda del artículo es constante ahora y en el futuro. La demanda de un producto no influye en la demanda de otro.
- El artículo se produce o se compra por lotes. No existen limitaciones al tamaño de los lotes y el lote pedido se recibe en seguida.
- No existe incertidumbre en la demanda, la oferta ni el tiempo de entrega. No se presenta agotamiento de las existencias.
- Existen sólo dos costos importantes: el costo de mantener el inventario y el costo de colocación del pedido (u organización del proceso), que no varían con la cantidad mantenida.

Digamos que

y = Cantidad del pedido [número de unidades]

D = Índice de la demanda [unidades por tiempo de unidad]

⁹ Noori, H., Radford, R., 1997, Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida, Mc Graw Hill, Colombia

t_0 = Duración del ciclo de pedidos [unidades de tiempo]

Utilizando estas definiciones, el nivel del inventario sigue el patrón representado en la figura 1-2. Se hace un pedido de un volumen de y unidades y se recibe al instante cuando el nivel de inventario es 0. De esta manera, las existencias se agotan de manera uniforme según la demanda constante D . El ciclo de pedidos para este patrón es

$$t_0 = y / D \quad \text{[unidades de tiempo]}$$

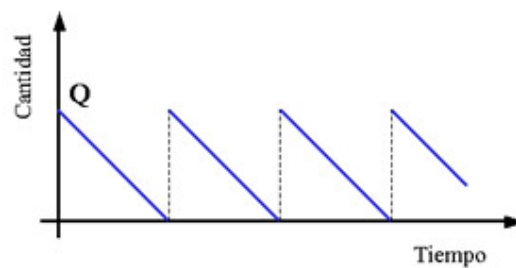


Figura 1.2 Niveles de Inventario basados en el EOQ ¹⁰

El nivel resultante del inventario promedio se da como

$$\text{Nivel del inventario promedio} = y / 2 \quad \text{[unidades]}$$

El modelo de costo requiere dos parámetros de costo:

K = Costo de preparación asociado con la colocación de un pedido [dólares por pedido]

h = Costo de almacenamiento [dólares por unidad del inventario por tiempo de unidad]

Por consiguiente, el costo total por *tiempo de unidad* (CTU) se calcula como

CTU(y) = Costo de preparación por tiempo de unidad + Costo de almacenamiento por tiempo de unidad

$$= (\text{Costo de preparación} + \text{Costo de almacenamiento por ciclo } t_0) / t_0$$

$$= [K + h (y/ 2) t_0] / t_0$$

¹⁰ Fuente: www.investigacion-operaciones.com

$$= [K/(y/D)] + h (y/2)$$

El valor óptimo de la cantidad y del pedido se determina minimizando $CTU(y)$ respecto a y . Suponiendo que y es continua, una condición necesaria para encontrar el valor óptimo de y es

$$d CTU(y) / dy = - (KD / y^2) + (h/2) = 0$$

La condición también es suficiente debido a que $CTU(y)$ es convexa. La solución de la ecuación nos da el EOQ y^* como

$$y^* = [(2KD) / h]^{0.5}$$

La política del inventario óptimo para el modelo propuesto se resume como

$$\text{Pedido } y^* = [(2KD) / h]^{0.5} \text{ unidades de cada } t_0 = y / D \text{ unidades de tiempo}$$

De hecho, no es necesario recibir un pedido en el instante en el que se coloca, puede ocurrir un **tiempo de entrega** positivo, L entre el momento en que se hace un pedido y el momento en el que se recibe. En este caso, el **punto de reorden** ocurre cuando el nivel del inventario desciende a LD unidades.

Se supone que el tiempo de entrega L es menos que la duración del ciclo t_0^* , lo que por general, no es el caso. Para explicar la situación, definimos el tiempo de entrega *efectivo* como

$$Le = L - nt_0^*$$

cuando n es el entero más grande no excediendo L/nt_0^* . Este resultado se justifica debido a que después de n ciclos de t_0^* cada uno, la situación del inventario actúa como si el intervalo entre hacer un pedido y recibir otro es Le . Por consiguiente, el punto del

nuevo pedido ocurre en LeD unidades y la política del inventario se puede volver a expresar como

Ordene la cantidad y^* cuando el nivel del inventario desciende a LeD unidades.¹¹

Variaciones en el Modelo de Lote Económico

En realidad, las hipótesis simplificadas del modelo casi nunca se cumplen. Existen otros modelos que contemplan situaciones que se alejan de estas hipótesis rígidas, tales como:

- EOQ con descuentos por cantidad
- EOQ de artículos múltiples con límite de abastecimiento
- EOQ con entrega gradual del pedido

1.5.1.2.2 Cuándo usar modelos EOQ

La demanda a menudo es irregular y no satisface el supuesto de demanda constante que es requisito para los modelos EOQ. Para determinar si el supuesto de demanda constante es cumplido, se observan las demandas d_1, d_2, \dots, d_n en n - periodos así como las demandas futuras y se procede a realizar la siguiente serie de cálculos propuestos por Peterson y Silver¹²:

1. Determinar la estimación d^- de la demanda promedio por periodo dada por

$$d^- = 1/n \sum_{i=1}^{i=n} d_i$$

2. Determinar una estimación de la varianza de la demanda D por periodo a partir de

$$Var\ Est\ D = 1/n \sum_{i=1}^{i=n} d_i^2 - d^{-2}$$

¹¹ Taha, H., 1991, Investigación de Operaciones, Ed. Alfaomega, México

¹² Winston, W., 2005, Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos, Ed. Thomson, México

3. Determinar el Coeficiente de Variabilidad, que es una estimación de la variabilidad relativa de demanda de la siguiente manera:

$$CV = (\text{Var Est } D / d^2)$$

Si las d_i son iguales, la estimación de la varianza D será igual a cero, lo que hará que también $CV = 0$. Para un CV pequeño, es decir < 0.20 , es razonable asumir que la demanda es constante y por lo tanto es viable emplear los modelos de EOQ.

En caso contrario, la demanda es irregular y es recomendable utilizar los Métodos de Programación Dinámicos y el Heurístico de Silver- Meal para determinar políticas óptimas de formulación de pedidos.

1.5.1.3 Heurístico Silver- Meal

Se usa para determinar un plan de producción o abastecimiento casi óptimo. Se basa en el hecho de que el objetivo es minimizar el costo promedio por periodo. Suponiendo que nos encontramos al inicio del periodo 1 y debemos determinar cuántos periodos de demanda se deben satisfacer con el abastecimiento del periodo 1, podemos producir o requerir una cantidad suficiente para cumplir con la demanda de todos los t - periodos siguientes generándose un costo $TC(t) = K + HC(t)$, siendo $HC(t)$ es el costo de almacenamiento durante el siguiente periodo t , si el lote producido o suministrado es suficiente para cumplir con la demanda de los t - periodos siguientes.

$AC(t) = TC(t) / t$, es el costo promedio por periodo en que incurrimos durante los t - periodos siguientes. El Heurístico Silver- Meal recomienda que la producción o suministro del periodo 1 sea suficiente para satisfacer las demandas de los periodos

siguientes hasta encontrar un t^* tal que para $AC(t^* + 1) \geq AC(t^*)$. Debemos continuar iterando hasta haber cubierto las demandas de todos los periodos t .¹³

1.6 Sistema de Clasificación ABC de los inventarios

Muchas veces las compañías no están en posibilidad de plantear estrategias de inventario para sus cientos o miles de artículos. Una análisis ABC diseñado por General Electric¹⁴ durante los años 50 del siglo pasado, permite a las organizaciones separar sus artículos de inventario en tres clases: A, B, C. La clasificación ABC explica que un pequeño porcentaje del total de productos representan un gran porcentaje del valor en dólares de la inversión. Los productos "A", muy importantes, concentran la máxima inversión. El grupo "B", moderadamente importantes, está formado por los artículos que siguen a los "A" en cuanto a la magnitud de la inversión. Al grupo "C", menos importantes, lo componen una gran cantidad de productos que solo requieren de una pequeña inversión. Esta clasificación se puede apreciar en la figura 1-3.

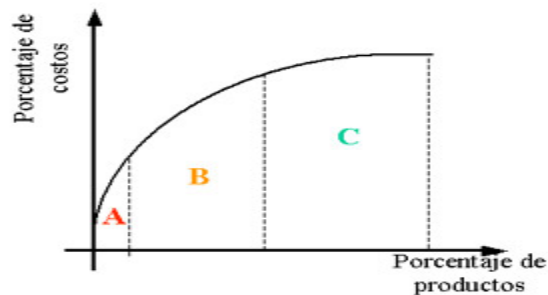


Figura 1.3 Clasificación ABC de los inventarios¹⁵

La división de su inventario en productos A, B y C permite a una empresa determinar el nivel y tipos de procedimientos de control de inventarios. El control de los productos

¹³ Winston, W., 2005, Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos, Ed. Thomson, México

¹⁴ Winston, W., 2005, Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos, Ed. Thomson, México

¹⁵ Fuente: www.investigacion-operaciones.com

"A" merece la mayor atención y cuidado en su administración dada la magnitud de la inversión, en tanto los productos "B" y "C" estarán sujetos a procedimientos de control menos estrictos.

Esta clasificación mide el valor en dólares por unidad multiplicado por su grado de utilización al año. Para muchos artículos existen otros criterios que resultan importantes, tales como la certeza de entrega, grado de obsolescencia, el grado de criticidad del artículo, el tiempo de entrega o el impacto de faltantes del artículo. Algunos de estos criterios es posible que sean hasta más importantes que el valor económico del producto.¹⁶

1.7 Just In Time (JIT)

La técnica japonesa para rediseñar organizaciones tiene por finalidad disminuir la inversión en almacenes y en proceso productivo. El ideal del JIT es cero inventarios. Implica una coordinación muy grande con proveedores, en ocasiones obligándolos a que pongan sus fábricas pegadas a la empresa. Tiene por objeto evitar pérdidas por sobreinversión en inventarios y por obsolescencia de materias primas o refacciones y desperdicios de materia prima.¹⁷

JIT es una filosofía que rige las operaciones de una organización. Promueve el mejoramiento continuo para así obtener la máxima eficiencia y eliminar el gasto excesivo de cualquier forma en todas las áreas de la organización, sus proveedores y clientes.¹⁸

¹⁶ Partovi, F., Hopton, W., "The Analytic Hierarchy Process as applied to two types of Inventory Problems", *Production and Inventory Management Journal* 35 no. 1, (1994): 13- 19.

¹⁷ Hernández, S., 2002, *Administración: Pensamiento, proceso, estrategia y vanguardia*. Mc Graw Hill, México

¹⁸ Sánchez, A., „JIT“, <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/jitamaraman.htm>

Una aplicación exitosa del JIT requiere de un previo acuerdo entre las compañías. Este acuerdo debe estar basado en una estrategia integradora que refuerce la cooperación entre comprador y proveedor, que promueva los aspectos críticos que elevan la competitividad (calidad, flexibilidad, know-how, bajos costos, entrega asegurada, etc.) y de esta forma se obtengan interesantes beneficios para ambos, el proveedor y su cliente.

19

La implementación del JIT en Japón ha hecho una gran contribución a la sobresaliente calidad del producto y elevada productividad.²⁰

1.7.1 JIT y los inventarios

Debido a la gran competitividad y presión de las empresas, se han eliminado inventarios adoptando el JIT. JIT aumenta utilidades y mejora la posición competitiva de la empresa controlando costos y mejorando condiciones de entrega y calidad. Además tiene la flexibilidad necesaria para responder a las necesidades del cliente.

La manufactura en un sistema de JIT busca elevar la productividad mediante la eliminación del desperdicio. La eliminación de actividades que no agregan valor es elemento principal del sistema. Desde la perspectiva del JIT los inventarios son un desperdicio ya que requieren capital, almacenamiento y mano de obra.

JIT trata de eliminar los costos de montaje y costos de manejo, lo cual implica reducir los inventarios a niveles muy bajos. Los costos de ordenar se reducen al mantener una

¹⁹ Prida Romero, B., "The other Side of JIT in Supply Management", *Production and Inventory Management Journal* 32 no. 4, (1991): 1-2

²⁰ Baker, R. C., Chang, R., Chang, I., "Switching Rules for JIT Purchasing", *Production and Inventory Management Journal* 35 no. 3, (1994): 13- 17.

relación cercana con los proveedores. La negociación de contratos a largo plazo para el suministro de materiales reduce la cantidad de órdenes y sus respectivos costos.²¹

Ramasesh retoma el modelo EOQ y cuantifica el concepto de compra del JIT. Su modelo sugiere que, a pesar de que las compras en JIT deben minimizar costos e implican un compromiso a largo plazo de entregas pieza por pieza, un compromiso de esta naturaleza conllevan un riesgo potencial, mientras que entregas pieza por pieza pueden no ser apropiadas para cada empresa. Para Ramasesh, dada una cantidad de compra en contrato, una cantidad óptima de entrega que minimiza el costo total del inventario puede ser encontrada, y es:

$$Q' = [(2PD)/H]^{0.5}$$

Donde P es el costo agregado por entrega, H es el costo de mantenimiento por unidad por año y D es la demanda anual.²²

²¹ Sánchez, A., „JIT“, <http://www.gestiopolis.com/recursos2/documentos/fulldocs/ger/jitamaraman.htm>

²² Baker, R. C., Chang, R., Chang, I., “Switching Rules for JIT Purchasing”, *Production and Inventory Management Journal* 35 no. 3, (1994): 13- 17.