

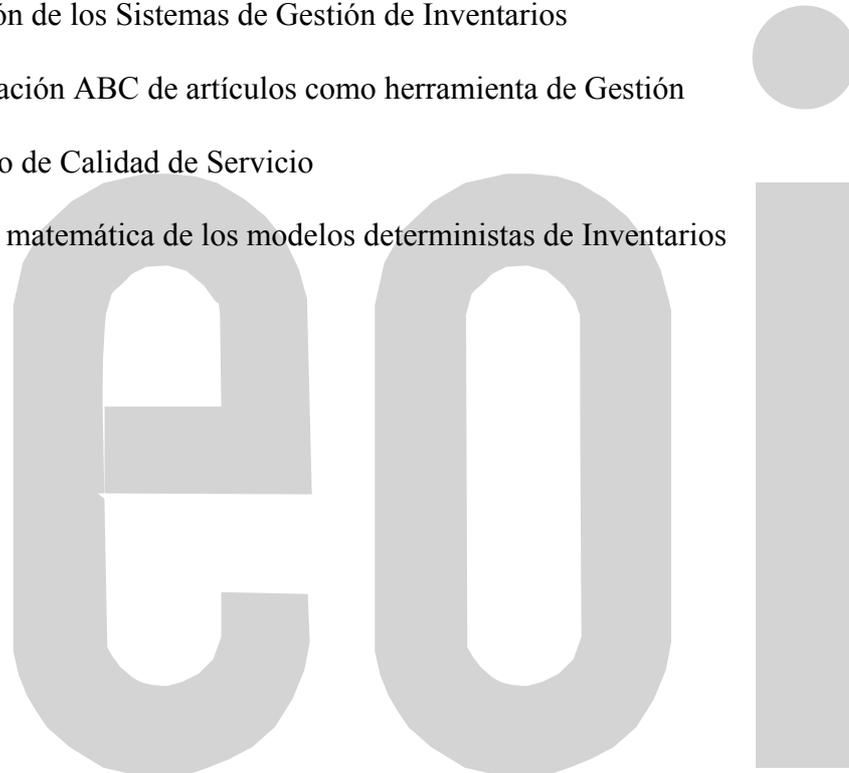
MÓDULO DIRECCIÓN OPERACIONES Y CALIDAD

Documentación: Gestión de Stock

Profesor: Emilio-Álvaro Gómez García

INDICE

1. Contenido y ámbito de actuación
2. El Objetivo de la Gestión de Inventarios
3. Los factores a tener en cuenta en la Gestión de Inventarios
4. Los distintos modelos de situaciones de Inventarios: Deterministas y no Deterministas
5. Clasificación de los Sistemas de Gestión de Inventarios
6. La Clasificación ABC de artículos como herramienta de Gestión
7. El Concepto de Calidad de Servicio
8. Resolución matemática de los modelos deterministas de Inventarios



1. Contenido y ámbito de actuación

Importancia económica

Los inventarios, que pueden ser definidos como una acumulación de materiales en el espacio y en el tiempo, se presentan en prácticamente cualquier organización y, en particular, en las empresas industriales, sean éstas pequeñas, medianas o grandes.

Antes de pasar a desarrollar las técnicas de gestión pertinentes puede resultar conveniente destacar algunos datos que permitan hacernos una idea de la magnitud e importancia que el fenómeno de los inventarios representa en la economía moderna.

Tipos de inventarios

Si se efectúa una “instantánea” de lo que sucede en una empresa, congelando de esta forma el flujo material que la atraviesa, se observan diversas acumulaciones de materiales, es decir, distintas situaciones de inventarios, que pueden ser clasificadas de acuerdo a diferentes criterios.

Un primer criterio de clasificación de las situaciones de inventario es el relativo al **grado de transformación** de los materiales en inventario. Así, existirán inventarios de:

- * **Materias primas:** Como, por ejemplo, acero, harina, madera u otros materiales utilizados para hacer los componentes del producto terminado.
- * **Componentes:** Son partes o submontajes que se incorporan al producto final.
- * **Productos en curso de fabricación:** Se trata de materiales y componentes que están experimentando transformaciones o que están esperando en la planta entre dos operaciones consecutivas.
- * **Productos semiterminados:** Son los artículos finales destinados bien al consumo final, bien a su utilización por otras empresas.
- * **Subproductos:** De carácter accesorio y secundario a la fabricación principal. Se incluyen los residuos.
- * **Materiales para consumo y reposición:** Tales como combustibles, repuestos, material de oficina.
- * **Embalajes y envases:** Los necesarios para el transporte en condiciones adecuadas.

Por otra parte, cada inventario concreto tiene una función determinada, por lo que se pueden establecer las siguientes categorías funcionales de los inventarios:

- * **Inventario de ciclo:** En la mayoría de las ocasiones no tiene sentido producir o comprar artículos a medida que van siendo demandados. En estos casos se lanza una orden de pedido de un tamaño superior a las necesidades del momento, dando lugar a un inventario que es consumido a lo largo del tiempo. Así, por ejemplo, un supermercado realizará, cada cierto tiempo, un pedido de un determinado número de tambores de detergente, en lugar de esperar a que se produzca la demanda del cliente para pedir el tambor que satisfará dicha demanda. Este inventario recibe el nombre de **inventario ciclo**, ya que se presenta periódicamente, dando lugar a una pauta de comportamiento cíclica.
- * **Stocks de seguridad:** Son inventarios que se constituyen como protección frente a la incertidumbre de la demanda * y del plazo de entrega del pedido *. En efecto, en muchas ocasiones la demanda de un determinado artículo durante el tiempo que tarda en llegar un pedido no se conoce exactamente, a veces porque ni siquiera se sabe con precisión cuál es dicho plazo de entrega. Debido a esto, la demanda durante el plazo de entrega puede ser superior a la estimada, en cuyo caso el stock de seguridad, que se constituye precisamente para estas situaciones, actuará como un “colchón”, absorbiendo esta demanda en exceso sobre la prevista y evitando la aparición de roturas de inventario no deseadas.
- * **Inventarios estacionales:** Se trata de inventarios que tienen por objeto hacer frente a un aumento esperado de las ventas. Pueden constituirse también para situaciones tales como huelgas, guerras y otras que tienen como consecuencia que un determinado período de tiempo no sea posible abastecer el artículo en cuestión.
- * **Inventario en tránsito:** Incluyen artículos circulando entre las diferentes fases de los procesos de aprovisionamiento, producción y distribución, como, por ejemplo, entre el almacén de producto terminado y un almacén regional en el sistema de distribución, o entre puestos de trabajo adyacentes en una línea de montaje.

Evidentemente, en la mayoría de las ocasiones un mismo artículo presentará simultáneamente situaciones de inventario que corresponden a varias de estas categorías funcionales. Así, por ejemplo, en el inventario de un artículo determinado puede resultar que una parte del mismo responda a una pauta de comportamiento cíclica, mientras que otra parte sea un stock de seguridad para hacer frente a la incertidumbre en el conocimiento de la demanda futura. Además, si está prevista realizar una promoción especial y limitada en el tiempo del artículo en cuestión, será preciso constituir, además de los anteriormente citados y simultáneamente a ellos, un inventario de anticipación. Finalmente, en general existirá una cierta cantidad del artículo circulando entre las distintas etapas del proceso de producción y comercialización, por lo que también existirá un inventario en tránsito junto con los demás.

La tabla de la página siguiente resume las funciones de cada uno de estos tipos de inventarios y las ventajas que permite obtener.

El estudio del flujo material que se presenta en una empresa permitirá detectar las situaciones de inventario que en ella tienen lugar. El siguiente paso será incluir cada una de estas situaciones de inventario en una de las cuatro categorías funcionales que se han identificado de ciclo, de seguridad, estacionales y en tránsito, para cada una de las cuales se desarrollarán las técnicas que permitan afrontar la gestión de cada artículo individual mantenido en inventario.

2. El Objetivo de la gestión de inventarios

Las tres preguntas básicas

La existencia de inventarios implica, como veremos posteriormente, incurrir en una serie de costes, por lo que el objetivo de la gestión de inventarios será la **minimización** de dichos costes.

Para ello, y teniendo en cuenta la clasificación funcional de los inventarios que hemos establecido, el primer paso consiste en el desarrollo de los modelos que representan adecuadamente las situaciones reales de inventario, a partir de los cuales se obtienen las políticas de gestión de inventarios que minimizan una serie de costes relevantes para cada artículo individual.

En última instancia, nuestro sistema de gestión de inventarios para un artículo individual tiene que proporcionarnos las respuestas a tres preguntas básicas:

1. ¿Con qué frecuencia debe ser determinado el estado del inventario del artículo?
2. ¿Cuándo debe lanzarse una orden de pedido de dicho artículo?
3. ¿Qué cantidad del artículo debe pedirse en cada una de estas órdenes de pedido?

La primera de estas preguntas es la relativa al sistema de información utilizado, el cuadro de control que nos permite conocer en un momento dado el estado del inventario.

Nótese que los costes asociados al sistema de información son una consecuencia de una elección tomada en la etapa de diseño del sistema de control. Por tanto, si bien siempre hay que tener presente la posibilidad de cambiar de sistema de información, es decir, de rediseñar el sistema de control, en la operación normal del sistema esta decisión está ya tomada, por lo que las preguntas a responder serán ¿cuándo pedir? y ¿cuánto pedir? para cada artículo.

3. Los factores a tener en cuenta en la gestión de inventarios

Una vez identificadas y clasificadas las situaciones de inventarios que se presentan en nuestra empresa, es preciso desarrollar modelos para cada tipo de inventario que nos permitan llegar a establecer los sistemas de gestión pertinentes.

Un modelo puede ser definido como un conjunto de variables explicativas del fenómeno que se trata de modelar junto con las relaciones entre dichas variables. Es, por tanto, necesario identificar previamente los factores relevantes, es decir, las variables que explican el comportamiento y evolución de las situaciones de inventario. Estos pueden, básicamente, agruparse en tres grandes apartados: la demanda, los costes y los plazos.

Demanda

El comportamiento del inventario de un artículo está condicionado por la demanda de dicho artículo. Además, las características de la demanda incluyen de forma decisiva en la importancia relativa de los distintos tipos de inventario: el stock de seguridad de un artículo será mayor o menor dependiendo del grado de variabilidad de la demanda, la existencia de estacionalidades en las ventas dará lugar a la aparición de inventarios estacionales, etc.

Las características más importantes de la demanda de un artículo son las siguientes:

- **La unidad de medida.** Unidades, docenas, toneladas métricas, cargas completas de un camión y otras.
- **El tamaño y la frecuencia de los pedidos.** El tamaño característico y la frecuencia de los pedidos tienen gran importancia, ya que la misma cantidad total vendida como consecuencia de un gran número de pedidos de pequeño tamaño exige, en condiciones normales, inventarios menores que si lo fuera como consecuencia de pocas órdenes de gran tamaño.
- **Uniformidad de la demanda.** Pueden existir fluctuaciones estacionales conocidas, bien provocadas, como es el caso de una promoción especial de un artículo, bien fuera del control de la empresa, como por ejemplo un cambio, no inducido, en los gustos de los consumidores, que da lugar a un incremento repentino de las ventas de un determinado artículo.
- **Independencia de la demanda.** La demanda de un artículo se dice que es independiente si dicho artículo no es parte o componente de otro más próximo al producto terminado, cuya demanda determina la del primero. En caso contrario se trata de demanda dependiente.
- **Posibilidad de diferir la demanda insatisfecha.** La demanda insatisfecha por falta de existencias en el almacén (rotura de stock) puede ser, o bien diferida para ser

atendida en un momento posterior en que la situación del inventario lo permita, o bien puede perderse definitivamente.

- **El sistema de distribución física.** A medida que aumente el número de etapas en el sistema de distribución física, aumentarán los inventarios totales. Un sistema basado en atender a los clientes desde el almacén de fábrica requiere menor inventario total que otro basado en almacenes regionales, pero el servicio a los clientes puede ser peor.
- **La calidad de las previsiones.** La gestión de inventarios se basa en el conocimiento de la demanda futura, para lo cual es necesario efectuar previsiones. En algunos casos esto será muy sencillo, como por ejemplo en los llamados “mercados cautivos”: una empresa que tiene un contrato con un Ayuntamiento para el suministro de un número fijo de uniformes de policía municipal al año conoce con precisión su demanda anual de dicho artículo.

Sin embargo, en la mayoría de los casos la demanda no se conoce con exactitud, siendo ésta una de las razones que hacen necesario constituir stocks de seguridad. Por tanto, los problemas de inventarios están directamente relacionados con la capacidad de efectuar previsiones precisas de la demanda.

Costes

El coste de mantener un artículo en inventario dependerá, entre otros factores, de su valor. El valor unitario de un artículo mantenido en inventario es, en el caso de un artículo suministrado por un proveedor externo, simplemente el precio pagado por el artículo a su proveedor que, como veremos posteriormente, puede depender del tamaño del pedido. Si, por el contrario, se trata de un artículo que ha sufrido alguna transformación en la empresa, como es el caso de los productos en curso de fabricación o de los productos terminados, el valor del mismo es más difícil de determinar. Un primer problema que se presenta es que los costes calculados dependen del sistema de contabilidad empleado, y así no es indiferente utilizar un sistema de contabilidad por procesos que uno por pedidos. Por otro lado, influirá el propio sistema de valoración: se pueden utilizar costes reales, estándar o predeterminados. Asimismo, será distinto operar en base a un sistema de costes totales que a uno de costes directos.

Sin embargo, los costes más importantes desde el punto de vista de la gestión -los costes de oportunidad- no están contemplados en ninguna de las opciones a que se ha hecho referencia, es decir, los datos de costes que proporciona la contabilidad convencional pueden no ser relevantes o necesitar alguna elaboración para su utilización en un sistema de gestión de inventarios. En consecuencia, es necesario examinar cuidadosamente los procedimientos de determinación de costes, desde el punto de vista de su relevancia, para las decisiones implicadas en un sistema de gestión de inventarios.

Los costes relevantes a tener en cuenta en los modelos de inventarios son:

- Coste de aprovisionamiento:
 - Coste del pedido.
 - Coste de emisión del pedido.
 - Coste de almacenaje.
 - Coste asociado a la existencia de demanda insatisfecha.

Plazos

Uno de los parámetros más importantes de los modelos de inventarios es el llamado plazo de entrega o tiempo de espera, que se define como el tiempo que transcurre desde que se lanza una orden de pedido hasta que ésta se recibe en el almacén. El tiempo de espera se puede subdividir normalmente en cinco componentes distintos:

- Tiempo empleado en trabajos administrativos relativos al lanzamiento de la orden de pedido, como rellenar impresos o formatos, efectuar comprobaciones, actualizar ficheros.
- Tiempo de tránsito de la orden de pedido hasta el proveedor: será despreciable si la orden se efectúa por teléfono, télex o telefax, pero no si se usa el correo.
- Tiempo empleado por el proveedor. Constituye normalmente la componente más variable y depende de la situación del inventario del proveedor.
- Tiempo de tránsito del pedido, que dependerá del tipo de transporte utilizado.
- Tiempo que transcurre entre la recepción del pedido y su disponibilidad. Este tiempo es despreciado en muchas ocasiones, incluso en los casos en los que, por su importancia, debería ser tenido en cuenta. Incluye operaciones tales como inspección y control de calidad y ubicación en el almacén de los artículos que componen el pedido.

En muchos casos se hace un énfasis excesivo en lo que representa el tiempo de transporte del pedido en el plazo de entrega, olvidando otros componentes de dicho plazo que pueden ser, en algunas ocasiones, significativos.

En los sistemas de inventarios que operan sobre la base de un sistema de información de revisión periódica, es muy importante el tiempo que transcurre entre dos revisiones consecutivas del estado del inventario, que -como hemos dicho- recibe el nombre de período de revisión.

En ocasiones, se confunde el tiempo de espera o plazo de entrega con el plazo de aprovisionamiento. Esto se debe a que para sistemas de información de revisión

continua ambos tiempos son iguales, es decir, el plazo que transcurre desde que se lanza una orden de pedido hasta que dicho pedido se encuentra disponible en el almacén para su uso. Sin embargo, para sistemas de información de revisión periódica el plazo de reaprovisionamiento, que es el tiempo durante el cual la única protección frente a posibles roturas de inventario es el tamaño de la orden de pedido emitida, debe incluir además el período de revisión del inventario.

En resumen: el plazo de reaprovisionamiento es, para sistemas de información de revisión continua, el plazo de entrega, mientras que para sistemas de revisión periódica incluye, además de dicho plazo de entrega, el período de revisión.

4. Los distintos modelos de situaciones de inventario: deterministas y no deterministas

Antes de pasar a desarrollar los distintos modelos de inventarios y los sistemas de gestión correspondientes, resulta conveniente realizar una clasificación de dichos modelos. Como criterio de clasificación se utilizarán dos características de la demanda: el grado de conocimiento de la misma y su pauta de variación en el tiempo.

Por lo que respecta al grado de conocimiento de la demanda, se pueden caracterizar dos situaciones bien diferenciadas:

La primera de ellas se presenta cuando la demanda futura es conocida con exactitud, no existiendo, por tanto, incertidumbre en cuanto a su evolución. Diremos que, en este caso, la demanda es conocida con certidumbre.

Una empresa dedicada a la fabricación de instrumental médico firma un contrato con un único cliente, la Seguridad Social, para abastecer a sus hospitales con un número fijo de 60.000 bisturíes al año: este es un ejemplo en el que la demanda del artículo, en este caso bisturíes, es conocida con certidumbre.

La otra situación a que hacíamos referencia implica la consideración de la incertidumbre en el conocimiento de la demanda futura.

La previsión de la demanda no garantiza un valor concreto para la demanda en el período considerado, sino que, en el mejor de los casos, ofrece un valor medio esperado, alrededor del cual es previsible cierta variabilidad, que será preciso estimar de alguna forma. Cuando nos enfrentamos a una situación de este tipo, diremos que la demanda es conocida en términos probabilísticos.

La previsión de la demanda de tambores de detergente realizada por una empresa que fabrica este artículo es de 1.200.000 tambores al año, estimándose la variabilidad, desviación típica, en aproximadamente 125.000 tambores. Este es un ejemplo en el que la demanda es conocida en términos probabilísticos.

La demanda de un artículo puede ser de un nivel aproximadamente constante en el tiempo o, por el contrario, presentar variaciones según una determinada pauta temporal.

Un ejemplo del primer caso es la demanda anual a que hacíamos referencia, de aproximadamente 1.200.000 tambores de detergente; de hecho puede haber variaciones, pero el nivel medio de la demanda es constante y, por tanto, se puede decir que el nivel medio de la demanda mensual de tambores de detergente será de 100.000 unidades.

En el caso de que exista una pauta temporal de variación de la demanda, es decir, variaciones de perfil de la misma en el tiempo, esto ya no es cierto y corresponde al segundo tipo de pauta de variación de la demanda, que llamaremos no estacionaria.

Partiendo de estos criterios, podemos clasificar los modelos de situación de inventario como se refleja a continuación:

Modelo determinista

Demanda uniforme, constante y conocida. Por ejemplo, 5.000 bisturíes mensuales.

Modelo no determinista

Nivel medio de la demanda uniforme y constante y variaciones aleatorias alrededor de este valor medio. Por ejemplo, 1.200.000 tambores de detergente al año, con una desviación típica de 125.000 tambores.

Modelo no estacionario determinista

No existe un nivel uniforme y constante de demanda, pero ésta es conocida. Por ejemplo, 100 unidades de la pieza A en enero, 500 en febrero, 50 en marzo, etc.

Modelo no estacionario no determinista

No existe un nivel uniforme y constante de demanda y, además, nuestro conocimiento de ésta es probabilista.

Los modelos que suponen una demanda aproximadamente constante y conocida con certidumbre reciben el nombre de deterministas, y en ellos la demanda mensual puede obtenerse dividiendo por 12 la demanda anual; la demanda semanal, dividiendo por 52 y así sucesivamente. En nuestro ejemplo anterior de la empresa fabricante de bisturíes, la demanda mensual sería de 5.000 bisturíes.

Otros modelos suponen que la demanda media anual, mensual, semanal o diaria es aproximadamente constante, es decir, las ventas reales para un determinado período de tiempo varían aleatoriamente alrededor de un valor medio aproximadamente constante: se trata de los modelos no deterministas.

En ellos el factor a tener en cuenta es la variabilidad de la demanda durante el tiempo de espera o plazo de reaprovisionamiento, de forma que permita determinar el stock de seguridad acorde con el nivel previamente fijado de servicio a los clientes.

Los modelos no estacionarios deterministas, es decir, aquéllos en los que la demanda es variable con el tiempo de acuerdo a una pauta conocida con certidumbre, abarcan una multitud de situaciones de inventario y son, generalmente, mucho más complejos que los modelos que suponen que la demanda es aproximadamente constante.

Sin embargo, existe un caso concreto de gran importancia, es el de demanda dependiente: las necesidades de un determinado componente que forma parte de otro producto cuyo programa de producción está previamente fijado tienen una distribución en el tiempo conocida con certidumbre.

Estos son los llamados modelos de planificación de las necesidades de materiales.

Finalmente, los modelos no estacionarios no deterministas presentan pautas de variación de la demanda en el tiempo y una incertidumbre considerable en nuestro conocimiento de la demanda.

Desarrollaremos con algún detalle los modelos deterministas. Los modelos no deterministas y, sobre todo, los no estacionarios son más complejos y superan los límites que nos hemos fijado. No obstante, haremos una referencia a un tipo especial de modelos no estacionarios deterministas, los modelos de planificación de las necesidades de materiales, debido a su importancia y popularidad.

5. Clasificación de los sistemas de gestión de inventarios

A partir de la clasificación efectuada de los modelos de las situaciones de inventarios, se puede establecer, a su vez, una clasificación de los sistemas de gestión de inventarios pertinentes para cada uno de estos modelos.

Conviene recordar que un sistema de gestión de inventarios tiene que responder, para cada artículo, a tres preguntas:

1. ¿Con qué frecuencia debe ser determinado el estado del inventario del artículo?
2. ¿Cuándo debe lanzarse una orden de pedido de dicho artículo?
3. ¿Qué cantidad del artículo debe pedirse en cada una de estas órdenes de pedido?

Si se supone que el sistema de información -revisión continua o periódica- viene dado por una decisión previa, es decir, el cuadro de control está definido, el problema se reduce a contestar dos preguntas: ¿cuándo pedir? y ¿cuánto pedir?, que podríamos asimilar al cuadro de mando de la gestión de inventarios.

Modelos deterministas

En este caso, la respuesta a la pregunta sobre el momento de lanzar la orden de pedido es obvia.

En efecto, puesto que la demanda es conocida y constante en el tiempo, basta con conocer el tiempo de espera para saber el momento exacto en que debe lanzarse la orden de pedido.

Siguiendo con el ejemplo anterior, si el plazo de aprovisionamiento de bisturíes de nuestra empresa es de dos meses, la orden de pedido debe ser lanzada exactamente cuando el nivel de inventario sea de 10.000 bisturíes, que es precisamente el consumo de dos meses.

La razón de esto es, como veremos posteriormente, mantener el nivel medio de inventario y, por tanto, los costes de almacenaje, lo más bajo posible.

Por ello, la única pregunta pertinente en los modelos deterministas es la relativa a la cantidad de pedido. Para contestarla determinaremos el llamado lote económico de pedido.

La sencillez de este modelo nos permite considerar con relativa facilidad otras situaciones que se presentan con frecuencia:

Producción y consumo simultáneo

Una vez lanzada la orden de pedido de un artículo, puede ser necesario un período de tiempo para que ésta sea producida: durante este tiempo tienen lugar simultáneamente la producción y el consumo del artículo.

Demanda insatisfecha

La consideración de la posibilidad de demanda insatisfecha que, a su vez, puede ser diferida o perdida, debe tenerse en cuenta en algunas ocasiones.

Descuentos por cantidad

Es una práctica comercial habitual que los proveedores ofrezcan diversos tipos de descuento en función de la cantidad comprada. Puesto que se trata de decidir el lote de pedido, es necesario tener en cuenta dichos descuentos.

Modelos no deterministas

En los modelos no deterministas es necesario responder a las dos preguntas de cuánto y cuándo pedir para cada artículo mantenido en inventario. La decisión previa sobre el sistema de información disponible permite efectuar una clasificación de los sistemas de

gestión en dos grandes grupos: aquellos basados en un sistema de revisión continua y los basados en un sistema de revisión periódica.

Sistemas de revisión continua

Se trata, como hemos visto, de sistemas de información en los que el estado del inventario se actualiza inmediatamente después de cada transacción (entrada o salida del artículo en el inventario). Un sistema de información de este tipo permite una gran variedad de sistemas de gestión de inventarios. El más sencillo y fácil de implantar es el sistema de lote óptimo-punto de pedido, que proporciona el lote de pedido que, por tanto, será siempre el mismo, y el nivel del inventario (punto de pedido), alcanzando el cual debe ser emitida la orden de pedido, contestando de esta forma a las dos preguntas mencionadas.

Sistemas de revisión periódica

El estado del inventario del artículo se conoce cada cierto tiempo, llamado período de revisión. Este sistema de información permite también una diversidad de sistemas de gestión de inventarios, pero el más representativo es el sistema de revisión periódica-nivel de pedido. En él los pedidos se lanzan en el momento en que se realiza una revisión del estado del inventario y la cantidad pedida es tal que eleva el nivel de inventario de cada artículo hasta un valor fijado de antemano, llamado nivel de pedido.

Dentro de los modelos no deterministas existe un caso que requiere un tratamiento aparte. Se trata de los modelos con un sólo período de decisión, a diferencia de los anteriores que suponen una infinidad de períodos de decisión: el ciclo consiste en lanzar la orden de pedido y consumir dicha cantidad hasta el momento de lanzar una nueva orden se repite indefinidamente. Por el contrario, existen situaciones en las que el artículo en cuestión sólo va a ser consumido en un determinado período de tiempo y sólo es posible, en la práctica, lanzar una orden de pedido que, en general, llegará a nuestro almacén justo en el momento en que el artículo comienza a ser demandado. Es el caso de los artículos de temporada, de moda, promociones especiales, etc. En la bibliografía pueden encontrarse fácilmente los diferentes métodos cuantitativos aplicables a estos modelos de situaciones de inventario.

6. La clasificación ABC de artículos como herramienta de gestión

Las situaciones de inventarios se caracterizan, en la mayoría de las ocasiones, por una gran cantidad de artículos mantenidos en stock. En estas situaciones multiartículo existe una relación, determinada a partir de observaciones empíricas, entre el porcentaje acumulado de artículos y su contribución, en porcentaje también, a la demanda total anual expresada en términos monetarios, que presenta una gran regularidad estadística. Según esta relación, un pequeño porcentaje de los artículos mantenidos en inventario representa la mayor parte de la demanda total anual expresada en términos monetarios, mientras que existe un gran porcentaje de artículos cuya contribución, en términos monetarios, a la demanda total anual es muy pequeña. Esta propiedad permite efectuar

una clasificación de los artículos que guarda una relación estrecha con la importancia relativa de éstos. Normalmente, se establecen tres clases de artículos:

1. Los más importantes
2. Importancia intermedia
3. Los menos importantes

Esta clasificación recibe el nombre de ABC.

La clasificación ABC sugiere reglas de decisión distintas para la gestión de inventarios de los artículos incluidos en cada clase, así como para la inversión en las distintas categorías de inventarios agregados. Una empresa dedicará más atención y esfuerzo a la gestión de inventarios de los artículos caros de su gama de productos que a la de los artículos misceláneos de poco valor unitario y poco movimiento. Asimismo, debe ser tenido en cuenta a la hora de diseñar el sistema de gestión de inventarios que, por ejemplo, el control sobre el inventario de producto terminado es, en general, mayor que sobre el inventario en tránsito en el sistema de distribución física.

Nótese que, según hemos definido esta clasificación un artículo caro con poco movimiento (es decir, con una demanda baja) puede resultar incluido en la misma clase que uno de escaso valor unitario pero de mucho movimiento. Puesto que el objetivo es desarrollar reglas homogéneas de gestión para cada grupo de artículos, parece lógico, dentro de cada clase, distinguir estas dos situaciones, diferenciando entre artículos de alto o bajo movimiento en términos de la demanda durante el tiempo de espera.

Los artículos de clase A son los que exigen una mayor atención. En la mayoría de las situaciones un pequeño número de artículos, que oscila entre un 3 y un 10% del total, pertenece a esta clase, representando más de un 50% de la demanda total anual expresada en términos monetarios.

Los artículos de clase B tienen una importancia secundaria con respecto a los anteriores. En general, es una clase bastante numerosa, ya que usualmente más del 40% de los artículos representan la mayor parte del valor monetario de la demanda anual restante, si bien algunos autores recomiendan un porcentaje menor de artículos dentro de esta categoría. Las reglas de decisión para la gestión de inventarios de artículos de clase B son fáciles de implantar en un ordenador, aunque siempre es necesaria la intervención humana, por lo que es necesario disponer de rutinas de “gestión por excepción” que requieran dicha intervención cuando sea necesaria. Por tanto, en caso de disponer de un ordenador, es conveniente que la clase B sea lo más numerosa posible, ya que de este modo la mayor parte de los artículos será gestionada por medio de un sistema mecanizado.

Las técnicas de gestión de inventarios para los artículos B pueden ser usadas, en algunas ocasiones, para los artículos A, aunque en este caso: (1) la intervención humana será más necesaria; (2) los factores a tener en cuenta del modelo: demanda, costes y plazos serán revisados con más frecuencia.

Finalmente, los artículos de clase C representan el resto de la demanda anual medida en pesetas. Para estos artículos, las reglas de decisión deben ser lo más simples que sea posible. Normalmente es recomendable disponer de un stock de seguridad alto para estos artículos poco importantes, con el objeto de minimizar los inconvenientes causados por una rotura de inventario. En consecuencia, para los artículos C se establece normalmente un nivel de servicio * al cliente relativamente alto.

7. El concepto de Calidad de Servicio

En lo que se ha visto hasta ahora se ha supuesto que los factores relevantes del modelo son conocidos. La demanda viene dada por el sistema de previsión establecido, tema al que dedicaremos alguna atención en el apartado siguiente. Asimismo, el tiempo de espera es conocido, bien sea de forma determinista bien en términos probabilísticos. Finalmente, también se conocen los costes relevantes, razón por la cual estos modelos se llaman de costes explícitos.

Nótese que precisamente la determinación de los costes relevantes suele ser, en la mayoría de las ocasiones, uno de los problemas más importantes a la hora de formular los modelos de inventarios. En efecto, para la determinación de la demanda existen técnicas de previsión más o menos sofisticadas y complejas, pero que, en cualquier caso, son conocidas y están disponibles. El plazo de entrega puede ser obtenido a partir de los datos históricos de la duración de dicho plazo en el pasado. Sin embargo, la naturaleza intangible y de difícil cuantificación de algunos conceptos de coste relevantes para los modelos de inventarios, tal como el coste de carencia o el coste de rotura de inventario, plantea un serio problema para la formulación de dichos modelos. Otros conceptos de coste suelen ser, por el contrario, más fáciles de determinar, como es el caso del coste de emisión o del coste de almacenaje.

Una forma de obviar el problema que representa la determinación de los costes explícitos consiste en considerar restricciones, y así, una alternativa a la determinación del coste de carencia o de rotura es la de fijar un límite máximo a la cantidad de demanda insatisfecha: decir que se sirve un 98% de la demanda equivale a considerar implícitamente un determinado coste. Este enfoque, alternativo al de determinación explícita de los costes, se basa en el concepto de calidad de servicio, y puede formularse de la siguiente manera: determinar la política de gestión de inventarios que minimice los costes de emisión y almacenaje, sujeta a la restricción de servir un porcentaje dado de la demanda directamente.

El problema que se presenta a la hora de aplicar el concepto de calidad de servicio es precisamente el de definir una medida apropiada del nivel de servicio. La idoneidad de una u otra forma de medir el nivel de servicio dependerá de las características del sistema de inventarios que se pretende gestionar. Podemos citar, entre otras: (1) porcentaje de la demanda servida directamente, es decir, de demanda satisfecha; (2) probabilidad de rotura del inventario en un ciclo; (3) período medio de tiempo entre dos roturas de inventarios consecutivas, etc.

8. Resolución matemática de los modelos deterministas de Inventarios

Modelo simple

Consideramos una situación de inventario caracterizada por la siguiente hipótesis:

- La demanda es continua a una tasa constante, es decir, si la demanda anual es D unidades, la demanda mensual es $D/12$, la demanda semanal $D/52$.
- El proceso continua indefinidamente: no se trata de una demanda que se presenta en un período determinado de tiempo, por ejemplo, los meses de verano, sino que tiene lugar en un plazo razonablemente largo.
- No existen restricciones en cuanto a la cantidad de pedido, la capacidad de almacenamiento, el capital disponible, etc.
- El aprovisionamiento es instantáneo, es decir, el plazo de entrega es cero.
- No se permiten roturas de inventario: debe ser satisfecha toda la demanda en el momento en que ésta se presente.
- No se consideran descuentos en el precio de compra del artículo mantenido en inventario en función de la cantidad comprada.
- Los costes se consideran invariables en el tiempo.

Evidentemente, estas hipótesis son muy restrictivas, y pocas situaciones reales de inventario se ajustan a todas ellas simultáneamente, pero su consideración simplifica el análisis y permite desarrollar un modelo simple.

A partir de este modelo simple se puede ir posteriormente relajando estas restricciones de forma que el modelo contemple la posible existencia de roturas de inventario, descuentos por cantidad y la posible simultaneidad de la producción y la demanda.

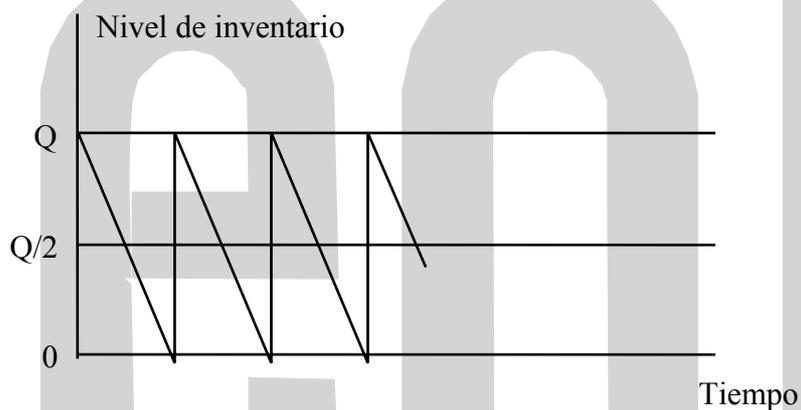
La primera hipótesis enunciada, según la cual la demanda del artículo mantenido en inventario es continua a una tasa constante y, por supuesto, conocida, hace que estos modelos sean denominados deterministas.

La nomenclatura a usar para el desarrollo va a ser la siguiente:

- D = Demanda en unidades de todo el periodo (supongamos un año)
- C = Valor unitario del Artículo en cuestión
- CE = Coste de emisión del pedido. Dicho coste es unitario para cada pedido

- r = Coste del Almacenaje en tanto por uno. Así, si el coste unitario del artículo es C , el coste de mantener una unidad de artículo en almacén durante un año es $r \cdot C$. Por ejemplo, un artículo con un valor unitario de 1000 pts., implicará un coste anual de almacenaje de 250 pts., si es $r=25$.
- Q = Cantidad de pedido, en unidades del artículo por lote.
- CT = Coste total del inventario por año. En el caso del modelo simple, será la suma de los costes de lanzamiento de órdenes de pedido y de almacenaje.

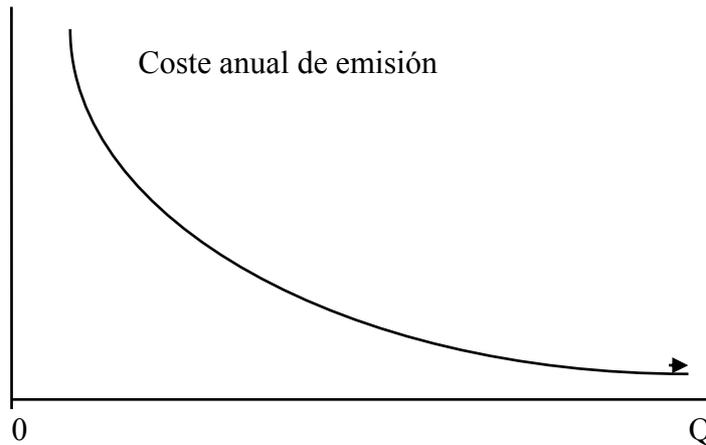
La evolución en el tiempo del nivel de inventario tendrá la característica forma de “diente de sierra” ya mencionada. En efecto, una vez lanzada una orden de pedido de un tamaño Q de unidades, el nivel de inventario alcanza inmediatamente dicho valor Q , ya que, por hipótesis, el aprovisionamiento es instantáneo. A partir de ese momento, la demanda, continua y a una tasa constante, provoca una disminución del nivel de inventario hasta que este llega a cero, momento en el que se lanza una nueva orden de pedido, repitiéndose el proceso de forma recurrente.



Si cada pedido es de un tamaño Q , y es preciso satisfacer toda la demanda anual D , el número de pedidos que se producen en un año será D/Q . Como se ha visto, cada orden de pedido tiene un coste de CE pesetas, por lo que el coste anual de emisión de pedidos es:

$$\text{Coste anual de emisión} = \frac{D}{Q} * CE$$

que se puede representar gráficamente, en función del tamaño del lote, como indica la figura siguiente.



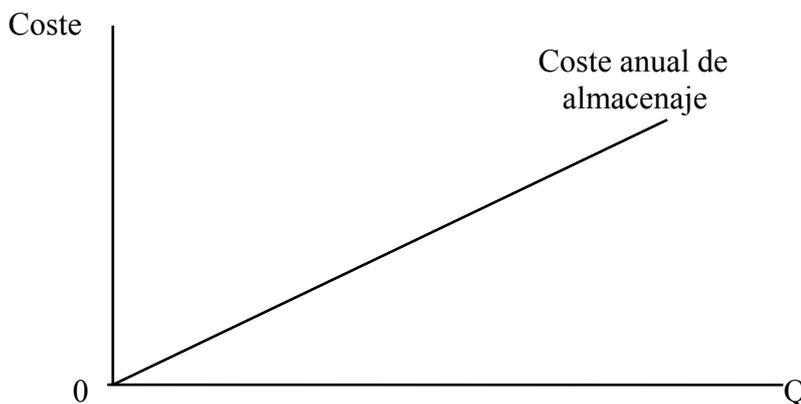
Es decir, cuanto mayor sea el lote, menor número de pedidos será necesario y, por tanto, menor coste anual de emisión. Por el contrario, si los lotes son de pequeño tamaño, será preciso efectuar un gran número de pedidos al año, por lo que el coste anual de emisión será elevado.

El coste anual de almacenaje está relacionado con las unidades mantenidas en inventario. Como se aprecia en el gráfico anterior, el nivel de inventario varía entre 0 y Q unidades mantenidas en inventario. Sin embargo, para los efectos aquí perseguidos, podemos asimilar esta evolución temporal de inventario a otra en la que el nivel de inventario fuera constante e igual al inventario medio de la situación anterior, que es precisamente $Q/2$ unidades.

Puesto que mantener una unidad del artículo en inventario durante un año tiene un coste de almacenaje de $r \times c$ pesetas, y una evolución del nivel de inventario en forma de “diente de sierra” implica un inventario medio de $Q/2$ unidades, el coste anual de almacenaje es:

$$\text{Coste anual de almacenaje} = \frac{Q}{2} * r * C$$

que se puede representar gráficamente, en función del tamaño del lote, como indica la figura siguiente.



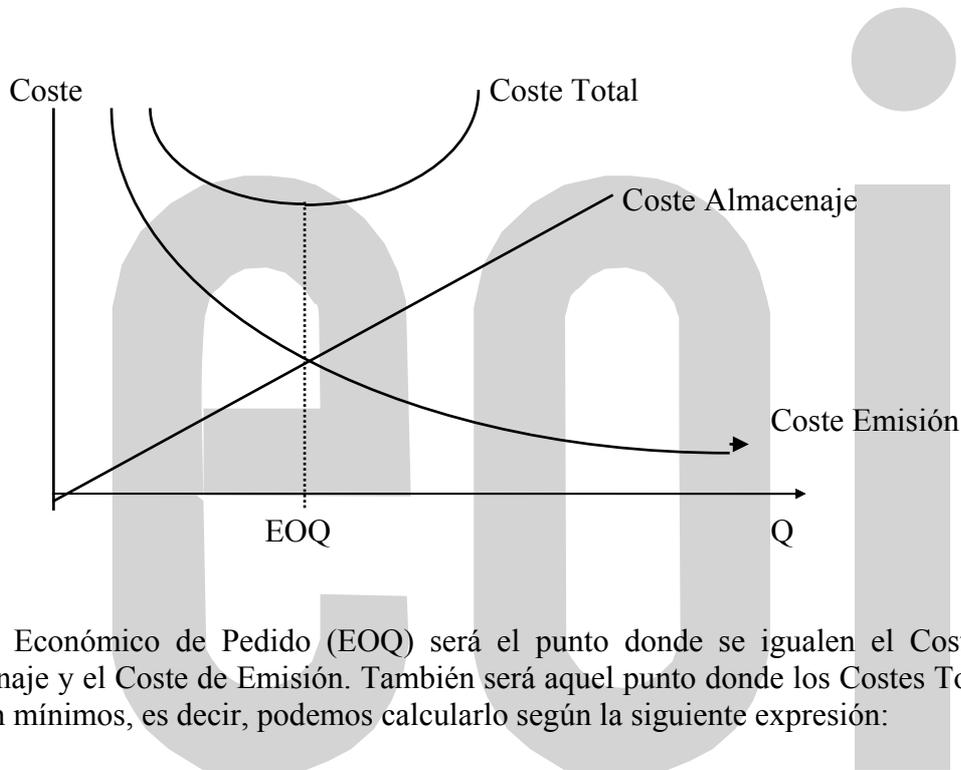
El Coste Total será:

$$CT = \text{Coste Emisión} + \text{Coste Almacenaje}$$

Sustituyendo:

$$CT = \frac{D}{Q} * CE + \frac{Q}{2} * r * C$$

Representado gráficamente será:



El Lote Económico de Pedido (EOQ) será el punto donde se igualen el Coste de Almacenaje y el Coste de Emisión. También será aquel punto donde los Costes Totales se hacen mínimos, es decir, podemos calcularlo según la siguiente expresión:

$$\frac{dCT}{dQ} = 0$$

$$dCT = d(D/Q * CE + Q/2 * r * C) = -D/Q^2 * CE + 1/2 * r * C = 0$$

Despejando, obtenemos:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * CE}{r * C}}$$