

Este documento se cita como

García-Sabater, Jose P. (2020)
Gestión de Stocks de Demanda Independiente. Nota Técnica
RIUNET Repositorio UPV
<http://hdl.handle.net/10251/138753>

GESTIÓN DE STOCKS DE DEMANDA INDEPENDIENTE

Contenido

Gestión de Stocks de Demanda Independiente	1
Introducción	2
Stocks y Existencias	3
Recuento –“Hacer Inventario”	3
Gestión de Stocks en una Frase.....	4
Tipos de Stock según su función.....	6
Ventajas e Inconvenientes de los stocks	7
Estimando costes en la gestión de stocks	8
Costes de Adquisición.....	9
Costes de Lanzamiento.....	9
Costes de Almacenamiento	10
Costes de Ruptura de Stock.....	11
Trade-Off entre los Costes.....	11
El servicio al Cliente	12
Midiendo el servicio al cliente en Gestión de Stocks	12
El Stock de Seguridad y el servicio al cliente	13
¿Cuánto y cuándo comprar/fabricar?	15
Gestión por Punto de Pedido	16
Gestión por Aprovisionamiento Periódico	17
Gestión DEBE-PUEDE	17
Gestión doble caja	20
Gestión Doble Punto de Pedido	20



This obra by Jose P. García-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Cálculo de los parámetros para la gestión	21
El Punto de Pedido (DEBE pedir)	21
El periodo Óptimo de Revisión (cada cuanto PUEDE)	22
La Cantidad Óptima de Pedido (el lote óptimo).....	22
El nivel de Referencia (OUL – Order UpToLevel	23
Gestión de Stocks Multiproducto.....	24
Dos o más Ítems utilizan las mismas instalaciones, soportes de unidad de carga o tienen limitaciones presupuestarias compartidas	24
Dos o más Ítems comparten recurso de fabricación.....	25
Dos o más Ítems comparten recurso de transporte	26
Dos o más Ítems formarán parte del Producto final	27
Gestión de stocks Multietapa.....	28
Gestión de stocks Multietapa: El efecto Bullwhip.....	29
Gestión de stocks Multietapa: Contrarrestar el Bullwhip	30
bibliografía.....	31

INTRODUCCIÓN

La palabra stock es probablemente la palabra con mayor ratio consonante/vocal de la lengua española y hace referencia, en general, a la “*cantidad de algo disponible para uso futuro*”. Aunque recomienda la RAE evitarla y sustituirla por existencias o reservas, no parece razonable hacerlo en un libro de Dirección de Operaciones.

Las existencias son algo físico, tienen forma de Materia Prima, de Producto Acabado o de semi-Elaborado, (también conocidas como trabajo en curso o *work in progress*). Las existencias pueden ser bultos, graneles, líquidos e incluso gases. Las existencias pueden estar en consigna (que significa que no son de la empresa donde están, sino de su proveedor). Pero en definitiva las existencias están ocupando un espacio.

Se denomina gestión de stocks, pero también, control de inventarios (*inventory management, stock control* o cualquier otra combinación) a la disciplina dentro de la Dirección de Operaciones que trata de definir cuándo y cuánto (e incluso a quién y cómo) hay que adquirir/enviar/comprar.



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Si el stock es la cantidad de algo disponible para uso futuro no es posible desligar la gestión de stocks del uso futuro por definición, no es posible separar la gestión de los stocks de la previsión. Y sobre todo no es posible separar el concepto de stock como de protección contra lo imprevisto o contra los errores de previsión.

El stock es la cantidad de algo disponible para uso futuro (García-Sabater, 2004). Es además el modo más extendido de almacenar tiempo (capacidad productiva de máquinas y trabajadores).

STOCKS Y EXISTENCIAS

Al llegar a cualquier instalación fabril, almacén u oficinas forma parte del ecosistema encontrar paquetes de folios en los armarios, botellas de agua y palés de producto. Algunos productos se guardan en forma sólida, líquida o gaseosa. Los productos sólidos podrían ser bultos o graneles. Los graneles pueden ir embolsados (y conforman bultos) o se almacenan al aire. Lo que no se puede hacer con los gaseosos y parcialmente con los líquidos.

Los productos pueden tener caducidad o no, o requerir de condiciones especiales de almacenamiento (clima controlado, seguridad ante el robo, separación entre los mismos...)

En función de la actividad de la empresa el mismo producto puede ser materia prima, producto acabado o material de repuesto.

Esta clasificación tiene que ver con la demanda a la que hacen frente: las materias primas se utilizan en entornos de demanda dependiente y generalmente llevan asociada una demanda de tipo discreta. Los productos acabados atienden demanda independiente que suelen ser continuo. Los repuestos suelen servir para cubrir demandas que tienen un comportamiento diferente.

Pero todo eso tiene que ver con la parte física del producto no con la cantidad en sí misma.

RECUESTO –“HACER INVENTARIO”

Inventario es un nombre que recibe el stock. Pero más importante que eso es el proceso que se llama “hacer inventario” que también se suele asociar a “recuento”.

Inventario es el registro documental de los bienes y de más cosas pertenecientes a una persona o comunidad hecho con orden y precisión.

El inventario es la lista detallada de bienes. Y dicha lista (generalmente informatizada en las empresas modernas) ha de coincidir con los bienes realmente disponibles. Por extensión se conoce también como inventario al stock (*inventory management*) o incluso al propio proceso de recuento (*hacer inventario*).



This obra by Jose P. García-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Hacer inventario es necesario para saber legalmente lo que es propiedad de la empresa, para conocer financieramente lo que vale la empresa pero además el inventario es, además, un asiento contable. El inventario (más bien su valoración económica) es un elemento importante en el pago de impuestos. Por eso los sistemas fiscales de cada país, y los departamentos de finanzas de cada corporación, son muy estrictos en los requerimientos de actualización de inventarios.

Desde el punto de vista de un director de operaciones conocer la cantidad disponible de producto es fundamental. Sin una calidad adecuada de datos se prometen productos a clientes que no se podrán enviar y se comprometen recursos en planes y programas que luego no se cumplirán.

La mayor parte de las personas tiende a creer (o a querer creer) que los datos en el sistema informático coinciden con la realidad. Pero esto es sencillamente imposible. La certidumbre 100% es no sólo improbable sino directamente imposible en los entornos donde el stock no deja de moverse (por una aplicación “sui generis” del principio de Heisenberg).

El personal es la esencia del sistema. Debe ser consciente de las operaciones de almacenamiento y transacción y de las implicaciones de sus errores.

Es importante asignar adecuadamente responsabilidades de las funciones a desarrollar (recontar, completar formularios, auditorías...). La cantidad de personal requerida dependerá del número de ítems, de la cantidad de stock, de la frecuencia de recuento, de la estandarización del empaquetado....

Sobretodo hay que recordar que la recomendación de la APICS (que son los que saben de inventario) no es posible hacer un recuento en condiciones para más de 40 productos al día (que sería dedicar unos 12 minutos) a cada recuento.

GESTIÓN DE STOCKS EN UNA FRASE

Un modo general de definir la actividad de gestionar los stocks podría ser:

*“Para un **cierto** conjunto de productos, cada **cierto** tiempo se revisa el stock disponible y la previsión de la demanda, y de acuerdo a **cierta** relación entre estos (y la capacidad disponible), se da la orden de conseguir (fabricar o comprar) una **cierta** cantidad de cada producto a un **cierto** proveedor para una **cierta** fecha”*

Diseñar un modo de gestión de stocks se podría resumir en poner fórmulas para dar valor a los “ciertos” de la definición anterior.

Cierto Conjunto de Productos. Los productos se pueden considerar individualmente o en conjunto. La teoría es fácil de explicar para un producto,



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

pero en general, los productos comparten recursos y por tanto una gestión de stocks avanzada debiera considerar las relaciones entre los mismos.

Cada Cierto Tiempo. Revisar el stock cada cierto tiempo recibe el nombre de gestión por revisión periódica. Si revisar el nivel de stock es inmediato y gratuito el modo de gestión por revisión continua puede ser adecuado, pero aún en ese caso, habría que preguntarse si tiene sentido revisar el nivel de stock si no se pueden tomar decisiones inmediatamente. Un modo de revisar de modo “aparentemente” continuo es cuando la revisión se realiza cuando hay un cambio en el nivel de stock.

Cierta Relación entre el stock, la previsión de la demanda y la capacidad disponible: Si el stock es la disponibilidad de algo para uso futuro, es necesario conocer el uso futuro (previsión de la demanda) para saber si hay que tomar la decisión de dar órdenes para conseguir más. Pero los recursos ligados a conseguir más pueden estar limitados, por ello es necesario tenerlos en cuenta.

Cierta Cantidad de Producto: La cantidad de producto a solicitar dependerá de aspectos como el coste de preparar el pedido, el coste de almacenar el producto, el nivel de servicio al cliente que se quiere dar, los precios y descuentos ligados, la capacidad instalada (de fabricación y de almacén). Los teóricos de la Dirección de Operaciones tienden a resolver el problema de la cantidad con lo que denomina “cantidad óptima”. Los prácticos utilizan la palabra óptima para justificar una decisión que se toma.

Cierta Fecha: No necesariamente la orden de conseguir algo lleva implícita la orden de que se reciba inmediatamente. En ocasiones ni siquiera es posible porque el proveedor tiene un plazo de entrega, o porque la máquina está haciendo otras cosas, pero aún siendo posible, no es necesario (en general no todo lo que se puede hacer se debe hacer).

Cuando el material se compra, es necesario tener en cuenta que su disponibilidad en las instalaciones donde será necesario no es inmediata y que la certidumbre en la recepción (cantidad, fecha y calidad) vendrá ligada a la fiabilidad del mismo. Sin stock de materias primas las fábricas no pueden funcionar por más tecnología, clientes y trabajadores de los que dispongan.

Cuando el material se fabrica, el stock es el modo en el que se almacena tiempo disponible de la capacidad productiva. Así que, si se pretende trasvasar capacidad de un periodo a otro, el stock es el modo: acumulando tiempo en forma de producto, permitirá que la instalación sea capaz de servir en momentos en los que la demanda supere la capacidad.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Dar valor a los “ciertos” de la definición que abre este apartado exige conocer un poco más sobre la razón de existir de los stocks y los inconvenientes que presentan.

TIPOS DE STOCK SEGÚN SU FUNCIÓN

Se denomina **stock de seguridad** al stock del que se dispone para imprevistos en la demanda o en el aprovisionamiento. El objetivo del stock de seguridad es no ser utilizado.

Es **stock de ciclo** el stock que sube y baja a medida que se recibe y se entrega producto. Es el stock (por encima del stock de seguridad) que va cambiando a lo largo del tiempo.

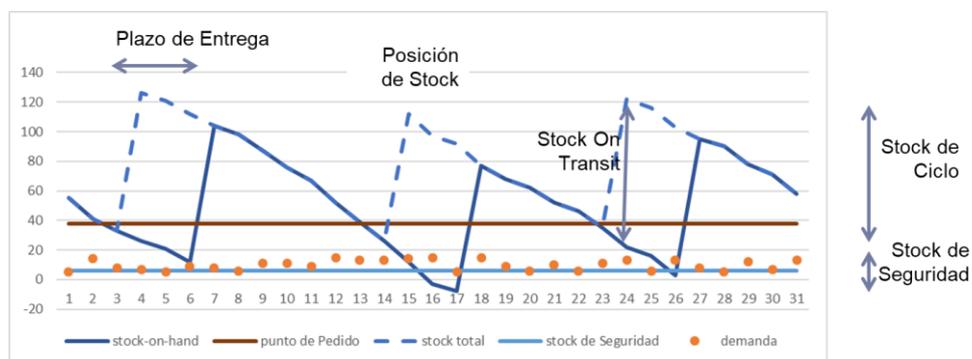


Ilustración 1: Stock en tránsito, Stock de Ciclo, Stock de Seguridad.

Se considera **stock en tránsito** al stock que ya se ha solicitado, pero aún no se tiene disponible porque está por llegar. El stock en tránsito, que en ocasiones se denomina “Recepciones Planificadas”, puede llegar a ser mucho más relevante que el stock disponible (*stock on hand*), lo que tiende a generar mucho nerviosismo en los planificadores.

El stock disponible (***stock-on-hand***) a aquel que está físicamente en las instalaciones de la empresa. Parte del *stock-on-hand* puede estar de hecho no disponible porque alguien lo ha reservado ya para alguna operación. Se considera **posición de inventario** a la suma del *stock-on hand*- más el *stock-in-transit*.

Es **stock de especulación** el que disponemos porque se anticipa una escalada de precios o la variación de algún otro recurso. Es parecido al **stock promocional** que es el que se mantiene porque el vendedor ha hecho un descuento importante (o porque se pretende hacer una promoción o un lanzamiento).

Cuando el material se fabrica el stock es el modo en el que se almacena tiempo disponible de la capacidad productiva. Así que, si se pretende, trasvasar capacidad de un periodo a otro, el stock es el denominado **stock estacional**.



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Se podría llamar **stock emocional** a aquel stock del que se dispone y no se quiere o no se puede explicar el porqué. Hay varios motivos que pueden excusarlo y a continuación se expresan tres bastante habituales.

- a. Compras o lanzamientos no planificados. Las compras por impulso no están restringidas a un consumidor irreflexivo caminando sin control por un centro comercial. También ocurre en las empresas con departamentos de compra profesionalizados y con jefes de producción (generalmente más interesados en cumplir medibles directos que en la rentabilidad general de la empresa).
- b. “Horror Vacui”: Una compulsión del espíritu que lleva a acumular o a no parar de producir. En su estado patológico puede llamarse “síndrome de Diógenes”, pero en su discurrir habitual es la “Ley de la Bolsa de Deporte”: Cuanto más grande la bolsa, más cosas son necesarias para jugar un partido.
- c. Enterrar los errores en montañas de stock. En fábrica la función más importante que cumple el stock es que permite ocultar errores y fallos: propios y ajenos, presentes y actuales, relevantes e irrelevantes, previsibles e imprevisibles, posponiendo en el tiempo el reconocimiento del mismo esperando que el azar permita que lo que fue un error se pueda convertir en un acierto –o al menos en un error ajeno-.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS STOCKS

Para algunos los stocks son un mal necesario, para otros los stocks son la expresión física de la grandeza. Para el director de operaciones son el modo con el que equilibra recursos y requerimientos. Algunas de las ventajas de los stocks son:

- a. Permiten acceder a economías de escala: Los costes de lanzamiento de órdenes y de preparación de máquinas se diluyen, los costes de transporte se reparten entre más productos.
- b. Protegen contra la incertidumbre en la demanda, en la producción y en el aprovisionamiento.
- c. Permiten garantizar la disponibilidad inmediata del producto frente a un cliente que quiere respuesta rápida.
- d. Permiten ganar dinero si los precios no son invariables: Comprar cuando el precio es menor al esperado, utilizar apropiadamente los descuentos que hace el proveedor.
- e. Permiten hacer frente a la variación en demanda o aprovisionamiento: Fabricar antes de que llegue el pico de demanda estacional reduce la cantidad de recurso máximo que disponer. Una producción estacional acumula de manera natural stock.
- f. Dan apariencia de que todo va bien. Las existencias físicas dan a empleados, proveedores y clientes la imagen de que las cosas van bien, que el movimiento es



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

abundante. El cliente tiende a comprar más en una tienda llena que en una vacía, el trabajador tiende a confiar más en una fábrica llena de material que en una nave.

Por el contrario, los stocks tienen unas desventajas evidentes (en forma de costes y riesgos), algunas de las cuales se expresan a continuación:

- a. Coste de Oportunidad del dinero invertido (en el stock o en los recursos necesarios para su almacén)
- b. Coste e Inversión de los recursos necesarios para la custodia de los productos (no solo equipamiento y personal, sino también espacio físicos seguros...)
- c. Riesgo de Obsolescencia (programada o inesperada) de los productos en stock, que encarece el producto.
- d. Riesgo de Caducidad o de Deterioro del producto en stock que crece con la cantidad definida de stock.
- e. Riesgo de incendio o expolio del producto almacenado.
- f. Los stocks ocultan oportunidades de mejora.

ESTIMANDO COSTES EN LA GESTIÓN DE STOCKS

Dado que de manera natural el ser humano tiende a acumular es conveniente fijar un coste al hecho de almacenar. Ocurre, sin embargo, que si sólo se penaliza el almacenamiento esto llevaría a un sistema en el que se estaría lanzando órdenes continuamente y esto tampoco es sostenible.

Para calcular el punto de equilibrio (entre pedir muy frecuentemente o muy esporádicamente, y entre tener demasiado o tener demasiado poco) se consideran los denominados costes de gestión de stocks.

Los principales tipos de costes son:

1. Costes de Adquisición
2. Costes de Lanzamiento
3. Costes de Almacenamiento
4. Costes de Ruptura

Antes de proceder a detallarlos es conveniente recordar que la mayor parte de ellos son costes de oportunidad. Es decir, no son cuantificables más que en comparación con otras oportunidades. Es por ello que el modo en el que habitualmente se expresarán estos costes será en forma de límites (monetarios, de capacidad volumétrica o de tiempo disponible).

Aunque siempre hay que recordar que la mayor parte de estos costes no son directamente calculables, sino que son, en general costes de oportunidad. El coste de no servir a un cliente por la falta de stock, el coste de tener inmovilizado



material que puede subir de precio o el coste de tener a los trabajadores preparando una máquina cuando no tienen otra cosa que hacer es difícilmente computable.

COSTES DE ADQUISICIÓN

Los **costes de adquisición** hacen referencia los costes de comprar o producir. Se expresan en unidades monetarias por producto.

En el caso de producción es el coste de la materia prima más los costes directamente imputables al producto (costes de mano de obra, costes de energía, mermas...)

En el caso de los productos de compra es lo que se denomina *precio*. Los precios están sujetos a fluctuaciones (especialmente en la compra de materias primas) pero también pueden ir asociados al concepto de descuento (generalmente por cantidad, pero también podría ser por compra anticipada o por algún otro criterio).

En general los descuentos conducen a comprar en más cantidad (de hecho, son un modo que tiene el proveedor de transferir el beneficio que él obtiene por trabajar con lotes grandes para así recuperar liquidez).

En general, para la mayor parte de los directores de operaciones y encargados de producción, las ventajas de comprar más barato permanecen ocultas y de hecho se convierten en mayores costes en su ámbito de trabajo.

COSTES DE LANZAMIENTO

También implican mayores lotes los **costes de lanzamiento**, también denominados costes de Setup.

Debería incluir el coste de inventariar (de conocer la cantidad real de stock antes de lanzar la orden) y el coste de preparar la documentación para el lanzamiento de una orden de fabricación o de compra.

En la mayor parte de los casos son costes ocultos y por tanto muy difíciles de identificar. Tienen que ver (por ejemplo) con la cantidad mínima de compra que algunos supermercados exigen por hacer el envío a domicilio, y otros cobran un fijo.

En el caso de compras de producto a proveedores incluye aspectos como las negociaciones previas, los seguros, los costes de seguimiento e incluso la necesidad de tener un equipo de carretilleros preparados para la recepción del



producto, o el coste de espacios si el producto tiene cuarentenas específicas o controles de calidad.

En el caso de fabricación son los costes en los que se incurre cada vez que se preparan las máquinas, incluyendo los costes ligados los controles de calidad de lanzamiento. No son despreciables, los costes no directamente cuantificables como el coste de oportunidad de tener la máquina ocupada en la preparación de la misma, los trabajos de los equipos de calidad para validar el producto, los reajustes de la maquinaria o el tiempo que el equipo de producción está inactivo mientras espera a que los de mantenimiento acaben con la preparación de las instalaciones.

Siendo los costes de lanzamiento principalmente un coste de oportunidad varían con la carga de trabajo de los que tienen que preparar la maquinaria. Por eso no parece lógico las tiradas cortas que en ciertas épocas del año son imposibles, son lo habitual en otros momentos.

COSTES DE ALMACENAMIENTO

Los **costes de almacenamiento** tienen tres componentes principales. El coste de oportunidad del capital inmovilizado (el coste del dinero), el coste de mantenimiento de las existencias en sí mismas y el coste ligado a las oportunidades de mejora ocultas.

El coste del capital inmovilizado es un coste controvertido, probablemente sea elevado y cuantificable en grandes empresas multinacionales, mientras que ni siquiera sea un coste, sino una oportunidad de beneficio, para pequeñas empresas, donde el propietario decide dónde quiere tener invertido el capital.

Sin embargo, los costes de mantenimiento de existencias sí son más fácilmente cuantificables. Son, por su naturaleza, más caros de almacenar, los productos congelados o refrigerados, los productos de alto valor y aquellos que quedan obsoletos rápidamente. Para estimar esos costes se puede ir a la cuenta de resultados y sumar el coste de los seguros, de la cantidad de producto dado de baja por caducidad, obsolescencia o robo, el coste de los carretilleros, los guardias de seguridad, y el de mantenimiento de las instalaciones (energía, alquileres...)

La cuantificación de los anteriores costes no incluye el más relevante de los costes para un director de operaciones: El coste de la oportunidad perdida para mejorar. Por su propia naturaleza el stock cubre de los errores, por ello, un exceso de stock, impide la mejora, al hacer poco evidentes los errores cometidos en la ejecución de las diferentes tareas.



COSTES DE RUPTURA DE STOCK

Si disponer de producto cuesta dinero, más caro es no disponer de él cuando se necesita.

El coste de no disponer del producto cuando es requerido es difícil de evaluar. En ocasiones basta pedirle al cliente que vuelva mañana, o el cliente acepta llevarse un producto sustitutivo.

En otras ocasiones la necesidad que el cliente tiene del producto le llevará a buscar un proveedor alternativo, y eso puede llevar a perder a ese cliente para ese producto, a ese cliente para todos los productos que vaya a adquirir en esa compra, o a ese cliente para siempre.

La falta de materia prima para comenzar la producción puede generar una cierta distorsión en el equipo de planificación o parar una línea de montaje con 2000 trabajadores.

Que una máquina se pare porque no se dispone de una pieza de repuesto puede no ser muy relevante, o puede implicar no servir al cliente cuando estaba comprometido.

Pero todos esos costes de ruptura dependen del producto, del proveedor y del cliente.

TRADE-OFF ENTRE LOS COSTES

A medida que el stock de ciclo aumenta (el tamaño de lote de compra) los costes de almacenamiento crecen mientras que los costes de setup decrecen.

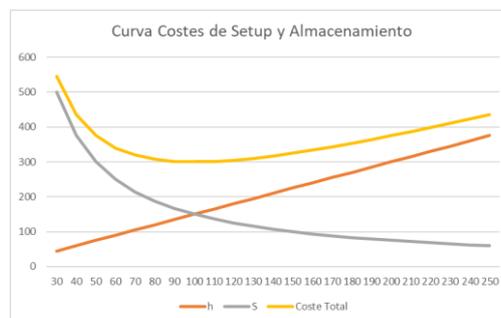


Ilustración 2: Trade-off entre costes de setup y costes de almacenamiento

A medida que el stock de seguridad aumenta crecen los costes de almacenamiento, mientras decrecen los costes ligados a rupturas de stock.



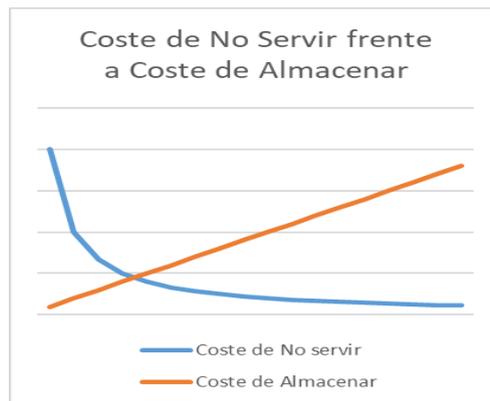


Ilustración 3: Trade-off entre costes de almacenamiento y costes de ruptura

EL SERVICIO AL CLIENTE

Disclaimer: En literatura de Gestión de Stocks se llama servicio al cliente a tener disponible producto cuando el cliente lo requiere. Una visión muy particular del concepto.

Hay diferentes maneras de medir dicho **servicio al cliente**.

MIDIENDO EL SERVICIO AL CLIENTE EN GESTIÓN DE STOCKS

El modo más conocido porque permite calcular el stock de seguridad fácilmente, es el nivel de servicio por ciclo (NSC – Cycle Service Level). Es el porcentaje de veces que se pretende que el stock de seguridad sea suficiente para cubrir un ciclo (es decir cubrir la demanda desde que se solicita un lote hasta que se recibe).

El más evidente es el denominado *product fill rate*. El porcentaje de productos que se sirven desde stock porque había producto disponible. Dado que sólo es posible tener una ruptura de stock cuando está a punto de llegar el siguiente pedido, el *product fill rate* será mayor cuanto mayor sea el lote de compra o de producción (porque cuantos menos ciclos haya menos veces se estará en posición de no tener disponible).

El NSC será siempre mucho menor que el *product fill rate*. Como se ha comentado anteriormente depende del tamaño de lote (o tamaño del ciclo) que se considere. Así un periodo de revisión anual sólo permitirá que el NSC actúe una vez al año, con lo que el *fill rate* será completo durante casi todo el año. Por el contrario, un periodo semanal, hará que haya 52 finales de ciclo (uno por semana) con lo que la probabilidad de romper el stock será 52 veces mayor para la misma demanda).



Q	Demanda	Desv. Típica	Plazo de Aprovisiona miento	Stock de Seguridad	Nivel de Servicio por Ciclo	Número Medio de Unidades No Servidas por Ciclo	Ratio de Cumplimen ta ción por Producto
10000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9975
5000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9950
2000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9874
1000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9749
10000	2500	500	2	2000	0,998	0	1,0000
10000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9975
10000	2500	500	2	500	0,760	100	0,9900
10000	2500	500	2	250	0,638	175	0,9825
10000	2500	250	2	1000	0,998	0	1,0000
10000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9975
10000	2500	750	2	1000	0,827	98	0,9902
10000	2500	1000	2	1000	0,760	200	0,9800
10000	1250	500	2	1000	0,921	25	0,9975
10000	2500	500	2	1000	0,921	25	0,9975
10000	5000	500	2	1000	0,921	25	0,9975
10000	7500	500	2	1000	0,921	25	0,9975

Mucho más complicado de intuir es el *order fill rate*. Anticipar la cantidad de órdenes que se sirven íntegramente desde stock exige tener en cuenta la cantidad de líneas de pedido por orden y el cumplimiento de cada uno de las líneas de pedido (*Line Item Fill Rate*). De hecho, al entender este principio, se entiende porqué no es razonable mantener el mismo nivel de stock de seguridad (ni por tanto de calidad de datos) para todos los productos.

frA	frB	frC	Coste	Servicio Total
99,90%	99,90%	99,90%	3545	99,0%
99,99%	99,90%	99,00%	3417	98,8%
99,99%	99,99%	97,00%	3400	97,0%
99,99%	99,90%	97,00%	3306	96,7%
99,50%	99,50%	99,50%	3288	95,1%
99,90%	99,50%	99,00%	3277	97,5%
99,99%	99,00%	97,00%	3191	95,1%
99,00%	99,00%	99,00%	3163	90,5%
99,99%	99,00%	95,00%	3132	93,3%
99,99%	90,00%	90,00%	2885	74,1%
99,90%	95,00%	90,00%	2876	81,3%
99,90%	95,00%	90,00%	2876	81,3%
99,50%	95,00%	90,00%	2825	78,9%
95,00%	95,00%	95,00%	2822	59,8%
99,00%	95,00%	90,00%	2800	76,3%
99,50%	90,00%	90,00%	2770	71,3%
99,00%	90,00%	90,00%	2745	68,5%
97,00%	90,00%	90,00%	2701	59,4%
95,00%	90,00%	90,00%	2677	51,1%

EL STOCK DE SEGURIDAD Y EL SERVICIO AL CLIENTE

El stock de seguridad es quizá uno de los conceptos mejor definidos y peor aplicados de la literatura de gestión de inventarios.



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

El stock de seguridad es la cantidad de producto que se quiere disponer en el almacén al recibir el siguiente pedido si se cumple la previsión de demanda durante el plazo de aprovisionamiento (que también es un estimado) para protegerse del error que se hubiera podido cometer y así garantizar el “servicio al cliente”.

El **stock de seguridad** es un componente del stock que no se quiere utilizar. Su uso implica que se cometió un error de previsión (inevitable como toda previsión, y que como todos los errores debiera ser analizado y corregido).

Cada demanda, cada acumulación de clientes, es diferente. Pero en general se puede admitir que para atender más demanda (cuantos menos clientes se quieran dejar sin servicio, cuanto menos error se quiera dejar sin cubrir) hará falta una cantidad mucho mayor de stock. Y el stock tiene un coste. Como ya se ha comentado hay que alcanzar un equilibrio entre almacenar más o no servir más.

Para poder calcular el stock de seguridad es necesario que haya una previsión. Más aún, que se sea capaz de cuantificar el error que al hacer la previsión se comete. Si es posible hacer eso (medir el error que se comete al hacer la previsión) se puede asumir que éste se distribuirá según una normal. Y si se puede asumir que se distribuye según una normal se puede calcular la cantidad de stock que permitiría cubrir un determinado porcentaje de situaciones (lo que se ha denominado NSC, Nivel de Servicio por Ciclo).

De este modo se puede calcular el stock de seguridad a partir del error medio absoluto (MAD) de la previsión. Dicen los que estudian el error, que si se multiplica el MAD por 1,65 se obtiene la desviación típica de la distribución normal del error.

$$SS = Z_{NSC} \sigma_d = 1.65 \cdot Z_{NSC} \cdot MAD$$

Y, dicen los que estudian la normal, que si se multiplica la desviación típica por el Z_{NSC} correspondiente al nivel de servicio de ciclo pretendido se obtiene un valor que estará NSC% de las veces por encima de la demanda real. Y dicen las tablas de la normal que para subir el NSC un orden de magnitud hay que sumar una desviación típica más al stock de seguridad.

NSC	Z
90%	1,29
95%	1,65
99%	2,33
99,9%	3,10



99,99%	4
--------	---

Una particularidad de las variables aleatorias es que cuando se suman, la nueva desviación típica no es la suma de las desviaciones típicas, sino la suma de las varianzas (y de las covarianzas si las hubiera). Esta característica es útil porque al estimar el stock de seguridad necesario para cubrir varios periodos consecutivos de tiempo (lo que se produce cuando se considera el plazo de aprovisionamiento L) no hay que multiplicar el stock de seguridad por el número de periodos sino por su raíz cuadrada.

$$SS = Z_{NSC} \sigma_d \sqrt{L}$$

Un fenómeno similar ocurre cuando se agrega la demanda de diferentes orígenes. Es por ello que, para productos con una alta variabilidad en la demanda, el stock debería agregarse porque con menos stock se puede dar el mismo servicio.

En ocasiones lo que es incierto es el plazo de aprovisionamiento. Si puede ser representada la incertidumbre del mismo con la desviación típica esperada σ_L el stock de seguridad se calcularía como

$$SS = Z_{NSC} \sqrt{L\sigma_d^2 + d\sigma_L^2}$$

Hay que destacar que todo esto son aproximaciones, basadas en suposiciones que en muchas ocasiones no se cumplen. Y especialmente no se cumplen cuando no se hace una previsión de la demanda de modo adecuado.

¿CUÁNTO Y CUÁNDO COMPRAR/FABRICAR?

La consideración de los anteriores costes aporta los elementos clave para decidir (en función de la previsión de la demanda y de la calidad de la misma) los parámetros clave de cualquier modo de gestión de stocks (cuánto y cuándo pedir)

La gestión de stocks se hace de modo diferente cuando el producto tiene una demanda muy baja o muy alta, cuando la vida muy limitada (los periódicos) de cuando el producto tiene una demanda a futuro larga y sin problemas de caducidad.

Es diferente si el producto es único o tiene sustitutos, del mismo modo que es diferente si el producto se vende a cliente (demanda independiente) de si el producto forma parte de otros productos (demanda dependiente). Y desde luego no es lo mismo almacenar cuando creemos que la demanda está creciendo que cuando pensamos que va a decrecer.

Pero básicamente siempre se trata de definir cuánto pedir y cuándo pedir.

 <p>This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.</p>	<p>http://hdl.handle.net/10251/138753 ROGLE - UPV</p>
---	---

Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Se puede demostrar que las soluciones óptimas tienen un nivel de sensibilidad muy bajo. Es decir que, afortunadamente para el sistema económico y para las empresas individuales, no es necesario ajustarse estrictamente al óptimo y los “redondeos” (mejor al alza que a la baja) funcionan bastante bien.

Lo que también nos muestra la experiencia es que, si no se establecen mecanismos de control de los niveles de inventario, estos tienden, inexorablemente, a crecer. Por ello, es necesarios establecer mecanismos de control como limitar el valor monetario que se puede mantener o los metros cúbicos de almacén disponibles.

Y una vez están limitados estos niveles de stock, el siguiente paso es garantizar que el nivel de fiabilidad de los inventarios es el adecuado. Es decir, que lo que dice el sistema que tenemos, y lo que físicamente tenemos se parezca lo más posible. Y para eso existen técnicas entre las que destacan los recuentos cíclicos y el uso de tecnologías RFID.

Dos modos son los más conocidos y utilizados: Gestión por Punto de Pedido y Gestión por Aprovisionamiento Periódico. Ambos se pueden combinar en un único modelo que se denominará en este trabajo sistema DEBE-PUEDE, y que en otros lugares recibe el nombre de doble punto de pedido.

GESTIÓN POR PUNTO DE PEDIDO

La **Gestión por Punto de Pedido** (también llamada de Revisión Continua) funciona del siguiente modo: Se monitorea de modo continuo el nivel de stock, si el stock está por debajo de un nivel que se denomina Punto de Pedido (*ROP: Reorder Point*): se lanza la orden de compra una Cantidad Fija (*Q*).

si $Stock \leq ROP$ entonces Pedir (Q)

El stock evolucionará siguiendo un gráfico que se conoce como “en diente de sierra”.



Ilustración 4: Evolución de la Posición de Stocks con un modo de Gestión por Punto de Pedido y Lote Fijo.

Al dar la orden de generar un pedido cuando el stock alcanza el punto de pedido, se está generando la orden después de que se haya producido la demanda (asumiendo que habrá demanda en el futuro).



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Cuanto más alto sea el ROP más cantidad habrá de stock en el sistema cuando llegue la reposición (y eso también tiene un coste adicional si el producto no cabe donde debería estar).

GESTIÓN POR APROVISIONAMIENTO PERIÓDICO

La **Gestión por Aprovisionamiento Periódico** funciona del siguiente modo: Se monitorea cada cierto tiempo T (Periodo de Revisión) el nivel de stock, dando la orden de comprar por la cantidad que falta hasta alcanzar el nivel de referencia (*OUL Order Up to Level*).

si es el momento entonces Pedir (OUL-Stock)

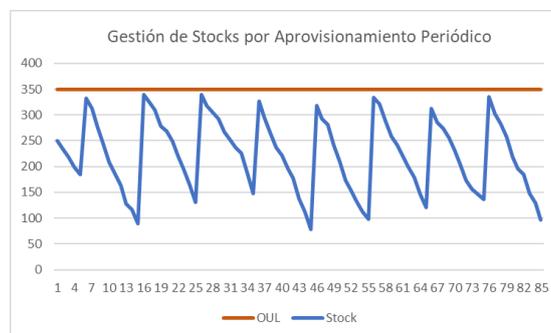


Ilustración 5: Evolución de la Posición de Stocks con un modo de Gestión por Aprovisionamiento Periódico.

La reposición por Aprovisionamiento Periódico repone el stock antes de que se produzca la demanda.

La gestión por Punto de Pedido es adecuada cuando la revisión del nivel de stock para cada referencia puede hacerse de manera continua y las peticiones de producto al eslabón anterior de la cadena se realizan de manera individual. Sin embargo, cuando no es factible revisar de modo continuo el nivel de inventario, o los productos se piden de manera combinada al proveedor, que utiliza los mismos medios físicos para suministrar, es más adecuado un modo de gestión de modo periódico, que confiere mucha más estabilidad al sistema.

GESTIÓN DEBE-PUEDE

Tanto el sistema por Punto de Pedido, como el sistema de Revisión Periódica son adecuados si sólo se tiene un producto, y el sistema de aprovisionamiento/distribución está a su completa disposición. Pero tiene sus dificultades aplicarlo cuando varios productos compiten por los mismos recursos.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Combinando ambos métodos se puede generar un modo de gestionar stocks de demanda independiente que sirva para trabajar con muchos productos simultáneamente.

Por algún motivo (1) se comprueba la posición de stock (2) está por debajo del nivel PUEDE (3), se pide una cantidad que haga que la nueva posición de stock no exceda el OUL (4).

- (1) Los motivos pueden ser varios. Entre otros: a) que un producto haya alcanzado un cierto nivel DEBE (5) de stock y eso dispare una petición, b) que sea el momento de revisar (ligado a un periodo de revisión T (6)), c) que la máquina esté parada.
- (2) La posición de stock incluye el stock en mano y el stock en tránsito.
- (3) El nivel PUEDE indica que sería razonable (en cantidad) que el pedido a lanzar contemplara ese producto.
- (4) El nivel OUL indica la cantidad de stock que como máximo se está dispuesto a almacenar en la planta.
- (5) El nivel DEBE es tal que si un producto está por debajo de él, es necesario lanzar el pedido, porque el stock ya no cubre la demanda prevista para el plazo de suministro.
- (6) El periodo de revisión T se debe definir para mantener un cierto control de los stocks. Si $T=0$ es porque se ha habilitado un mecanismo de revisión continua, que es difícil de mantener cuando se manejan muchos productos.

El nivel OUL se fija en función de la cantidad de stock que se quiere mantener como máximo del producto en cuestión. Tiene que ver (al menos) con la disponibilidad financiera de la empresa, con la proyección en el precio de compra del producto, con la vida estimada del producto y con la capacidad de las instalaciones y el número de embalajes disponibles. EL OUL ha de permitir, al menos, cubrir la demanda prevista durante el plazo de aprovisionamiento y el periodo de revisión.

El nivel DEBE es el nivel que obliga a tomar la decisión de comprar, dado que la posición de stock es menor que la demanda esperada durante el plazo de aprovisionamiento y el periodo de revisión.



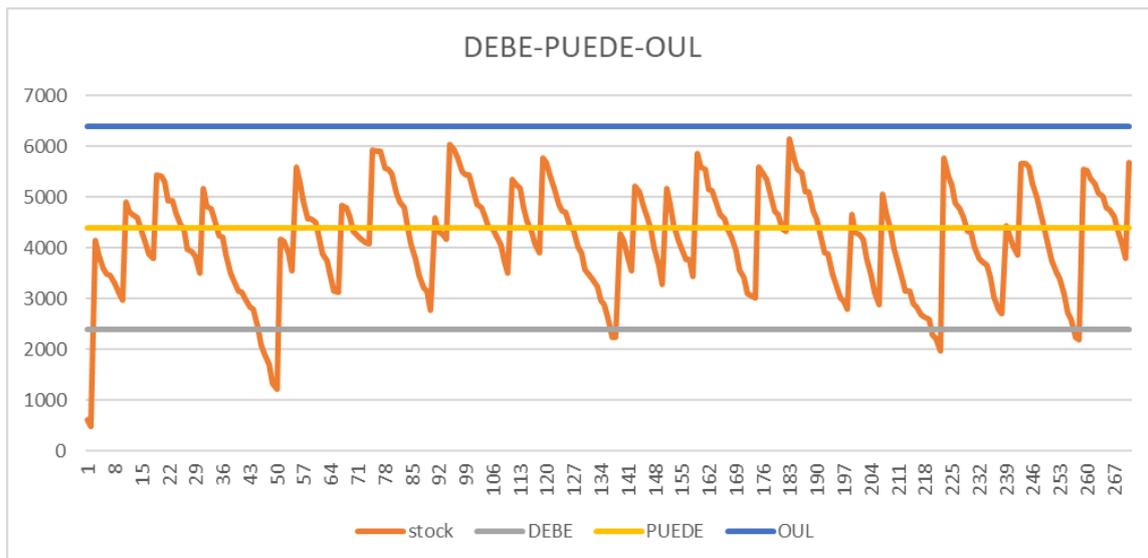


Ilustración 6: Evolución de la Posición de Stocks con un modo de Gestión PUEDE-DEBE.

El nivel PUEDE se fija restando al OUL la cantidad mínima de compra. La cantidad mínima de compra se puede fijar a partir del denominado lote de compra óptimo o de la unidad de embalaje mínima, o de las tarifas de descuentos. Pero además el nivel PUEDE debe ser al menos mayor que el nivel DEBE.

Como es evidente ($OUL \geq PUEDE \geq DEBE$). La holgura entre PUEDE y DEBE dará una cierta flexibilidad al sistema. Dicha flexibilidad se paga en forma de un mayor stock. A cambio, las veces que se lance la orden desde el nivel DEBE hasta el nivel OUL harán que los costes de setup se reduzcan.

Como se ha indicado los sistemas PUEDE-DEBE son interesante cuando los productos compiten por el mismo recurso. Esto se da fundamentalmente cuando los productos se compran al mismo proveedor y vienen en el mismo (y limitado contenedor) o se fabrican en la misma máquina (que no puede fabricar dos productos simultáneamente).

Cuando los productos se compran al mismo proveedor un modo sencillo de activar la compra de un contenedor lo marcaría si un producto de entre todos alcanza el nivel DEBE. El contenedor se complementarían con todos aquellos productos que hayan alcanzado el nivel PUEDE.

En un entorno de fabricación en el que la orden se lanza contra una máquina que cada vez puede fabricar un pedido, un sistema PUEDE-DEBE genera una flexibilidad que es de interés destacar. Una vez la máquina está disponible para fabricar otro producto, se analizan los niveles de stock y se lanza la producción si algún producto tiene stock por debajo del nivel PUEDE (así se controla que la máquina no se ponga en marcha por una cantidad pequeña). Y si durante el



proceso de fabricación otro producto alcanza el nivel DEBE, se puede analizar si conviene (o no) para la producción para iniciar la del nuevo producto.

GESTIÓN DOBLE CAJA

Es un modo muy simple de gestión de stocks que se puede utilizar cuando el contenido de una caja es mucho más que la demanda esperada durante el plazo de aprovisionamiento. El método de la doble caja se puede considerar un caso especial de gestión DEBE-PUEDE que establece que se puede comprar a partir de que se abre la segunda caja. Puede ser de doble caja o de triple caja.

El método tiene especial interés en la reposición en supermercados puesto que garantiza que siempre habrá espacio en la parte trasera de la balda.



Ilustración 7: Algo que nadie mira

GESTIÓN DOBLE PUNTO DE PEDIDO

Este método de gestión de stocks es especialmente interesante cuando la previsión de demanda tiene un alto componente de incertidumbre y el proveedor más adecuado tiene un plazo de entrega muy elevado, pero existe otro proveedor (probablemente más caro y en cualquier caso menos adecuado) que es capaz de suministrar con un plazo de entrega mucho más pequeño. En ese caso, un modo acertado de gestionar es a través del doble punto de pedido.

Se podría decir que es un caso especial del método gestión DEBE-PUEDE donde PUEDE se definiría como el punto de pedido para el proveedor lejano y el nivel DEBE lo fijaría el proveedor cercano.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS PARA LA GESTIÓN

EL PUNTO DE PEDIDO (DEBE PEDIR)

El punto de pedido se calcula para hacer frente a la demanda que ocurrirá durante el denominado plazo de aprovisionamiento (L : *Lead Time*). Si, además, el periodo de revisión es mayor que 0 hará falta cubrirse también.

El plazo de aprovisionamiento es el tiempo que tarda el proveedor en suministrar desde que se le solicita el pedido.

Si la demanda prevista es d unidades de producto por unidad de tiempo, dicha demanda es la multiplicación de d por L

La previsión de la demanda que ocurrirá está sujeta a errores, por eso uno de los componentes del punto de pedido es el stock de seguridad (SS : *Safety Stock*) que es la cantidad que quiere tener cuando llega el siguiente pedido si se ha acertado en la previsión de la demanda (Chopra and Meindl, 2016).

$$ROP = d \cdot (T + L) + SS = d \cdot (T + L) + Z_{NSC} \sigma \sqrt{T + L}.$$

Hay otro modo de considerar el punto de pedido más sencillo (y que lleva a la misma fórmula). Según esta perspectiva se puede calcular el punto de pedido como la cantidad de producto que hay que disponer si la demanda que va a ocurrir es alta, pero no tan alta como para considerar que sea algo atípico. En estadística algo atípico es un “outlier”, algo fuera de lo “normal”, “típico”.

Los estadísticos del siglo XIX, que consideraban que todo lo que estudiaban tenía que ser normal, y debían despreciar lo atípico, establecieron que atípico era aquello que se desviaba de la normal más de Z desviaciones típicas.

Así que seleccionando adecuadamente el número de Z a partir del cual se considera una demanda atípica, se podría fijar el nivel del punto de pedido, como aquel que permitiría “resistir” hasta la llegada del pedido en el que caso de que lo que ocurriera durante el plazo de aprovisionamiento fuera un punto menos que atípico.

Y para aquellos para los que la estadística complicada deja de ser útil hay un modo aún más fácil de calcular el punto de pedido: se trata de analizar la demanda más alta del pasado reciente para la que parece razonable estar preparado, a partir de ella se fija el punto de pedido como la multiplicación entre ese valor y el número de periodos.



EL PERIODO ÓPTIMO DE REVISIÓN (CADA CUANTO PUEDE)

El OUL se calcula para hacer frente a la demanda que ocurrirá hasta que llegue el pedido de la siguiente revisión.

Es decir, se pide para hacer frente a la demanda que se prevé para los siguientes T+L periodos. Porque todo lo que no se pida ahora, no se recibirá hasta que se reciba lo de la siguiente petición. El stock de seguridad en este caso ha de ser más grande que en el caso de la gestión por Punto de Pedido porque hay que cubrirse de irregularidades durante un periodo más largo de tiempo (y por tanto la calidad de la previsión es peor).

El periodo de revisión se fija intentando encontrar un equilibrio entre revisar y pedir con demasiada frecuencia (con los costes que eso implica) y reducir la frecuencia (incrementar T) lo que conduce a unos niveles de stock más elevados. Optimizar T conduce a una expresión muy parecida a la indicada para el Lote Económico:

$$T = \sqrt{\frac{2S}{hd}} = \frac{Q}{d}$$

Los valores que se obtienen de aplicar esta fórmula probablemente no sean aceptables. El redondeo a una potencia de 2 cercana, se demuestra que no empeora el resultado en más que un 2%. Es por ello que un redondeo recomendable es:

$$T = 2^{\text{int}^+ \left(\log_2 \left(\sqrt{\frac{S}{h \cdot d}} \right) + 1 \right)}$$

LA CANTIDAD ÓPTIMA DE PEDIDO (EL LOTE ÓPTIMO)

La cantidad fija que se pide se puede establecer de acuerdo a cualquier lógica. Una posible lógica es comprar un contenedor completo o la cantidad mínima marcada en la oferta del proveedor.

Otra lógica es hallar un equilibrio entre comprar en grandes cantidades (que lleva a tener mucho stock) y comprar en pequeñas cantidades (que lleva a tener que pagar muchas veces los costes fijos de realizar la compra).

A los costes fijos se les suele denominar costes de *Setup* y se representan con una S.

Si solo se tuviera en cuenta el coste fijo, lo lógico sería comprar en enormes cantidades. el producto tendrá un coste de almacenamiento por unidad durante el horizonte de cálculo. Se suele representar con una *h* (del inglés *holding cost*).



Un modo de representar los costes totales sería la siguiente fórmula

$$TC = S \frac{d}{Q} + h \left(\frac{Q}{2} + SS \right).$$

El lote óptimo se obtiene derivando la anterior función:

$$Q = \sqrt{\frac{2Sd}{h}}$$

Lo más importante de la fórmula anterior es la raíz cuadrada. Su presencia (en realidad su significado) se traduce en que la definición de los valores requeridos puede ser razonablemente inciertos y el resultado no será muy diferente.

Más aún, el valor que de calcular la anterior cifra se obtenga, difícilmente podrá ser el valor que se pueda comprar. Pero, afortunadamente, la función de costes es suficientemente plana, como para que los redondeos (a la unidad de embalaje más cercana) no le afecten demasiado.

EL NIVEL DE REFERENCIA (OUL – ORDER UPTOLEVEL)

La cantidad de stock que sirve de referencia debe cubrir las necesidades de stock hasta el momento en el que llegue la siguiente reposición más la cantidad mínima de petición. Esto es, debe cubrir la demanda máxima esperada (o máxima que se pretende cubrir) para el siguiente periodo de revisión más el plazo de aprovisionamiento.

$$OUL \geq d \cdot (T + L) + SS + Q_{MIN} = d \cdot (T + L) + Z_{NSC} \sigma_d \sqrt{T + L} + Q_{MIN}$$

Y el stock de seguridad debería cubrir la variabilidad durante ese periodo más largo.

Un modo mucho más sencillo de calcular el OUL sería establecer cuál es la demanda más alta para la que se quiere estar cubierto. En entornos de fabricación este valor es fácil de obtener observando el pasado y la capacidad productiva de la etapa cliente. En entornos de distribución se puede hacer una previsión de la demanda máxima aceptable para los próximos $T+L$ periodos.

Si este número es demasiado alto, se puede buscar el tramo de $T+L$ periodos que tuvo la demanda acumulada máxima. Ese estimador del punto de pedido protegería contra la secuencia de días más grande que hubiera ocurrido en el pasado.



GESTIÓN DE STOCKS MULTIPRODUCTO

La mayor parte de los manuales que tratan el tema de gestión de stocks se concentran en explicar modos de gestión aplicables como si no hubiera más que un tipo de producto (ítem) que manejar.

Se puede decir que el problema es diferente cuando hay más de un ítem implicado, tanto más si esos productos (o su existencia, o su valor) están implicados entre sí.

De tal modo que si hay que definir cómo fabricar 10 ítems no es lo mismo que se hagan en la misma máquina que en máquinas diferentes. Y si hay que comprar 10 productos no es lo mismo que vengan desde proveedores diferentes o desde el mismo proveedor (o una misma ruta de recogida).

Cada producto (o conjunto de productos) puede ser considerado de manera aislada, pero si existen recursos compartidos, estos debieran ser tenidos en cuenta para gestionarlos de manera adecuada. Los productos se pueden conectar entre sí de diferentes modos:

- a) Utilizan las mismas instalaciones o soportes de unidad de carga para ser almacenados, o tienen limitaciones presupuestarias comunes.
- b) Utilizan las mismas instalaciones para ser fabricados
- c) Son transportados utilizando el mismo medio de transporte
- d) Formarán parte del mismo producto/pedido final

Un modo sencillo (y probablemente inadecuado) para definir el sistema de gestión de stocks y los parámetros que lo regulan, sería convertir todos los productos en un mismo producto utilizando un factor común (generalmente valor monetario pero también unidades de embalaje).

DOS O MÁS ÍTEMS UTILIZAN LAS MISMAS INSTALACIONES, SOPORTES DE UNIDAD DE CARGA O TIENEN LIMITACIONES PRESUPUESTARIAS COMPARTIDAS

La limitación ligada a los soportes (racks, contenedores, estanterías) es un modo que tiene la dirección de logística de obligar a los diferentes decisores en la estructura y en la cadena a tomar decisiones de modo coordinado. De hecho, limitar la capacidad del sistema es una manera de diseñar y de forzar la gestión de acuerdo a ese diseño

Es un lugar común en este documento admitir que las operaciones no son la función más importante de una empresa. Más importante es la función financiera. Y el stock es un inmovilizado importante del mismo modo que el almacén donde se aloja es un coste importante.



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Las limitaciones (volumétricas, de soportes o monetarias) debieran ser explícitas e impuestas. Son el resultado de análisis previos que se debe asumir que son válidos y no arbitrarios.

Pero, así como la limitación volumétrica (o el número de unidades de embalaje que se puede almacenar) es un límite superior, la limitación monetaria es un valor de referencia. Dicho de otro modo, “hay que tener tanto stock como se esté autorizado a tener y no menos (ni más)”.

Si las etapas anteriores de diseño y de definición de presupuestos, se han hecho adecuadamente, el nivel monetario a almacenar es el resultado de tener en cuenta las fluctuaciones de precio (stock especulativo), de demanda (stock estacional), así como la rentabilidad financiera (e incluso impositiva) de los recursos. Así que tener menos es utilizar de modo inadecuado los recursos.

Una consideración resulta relevante en este punto. El stock promedio (que en este caso es el que interesa) es el resultado de sumar al punto de pedido la mitad del lote. Fijado el tamaño de lote por la disponibilidad de otros recursos, para ajustar el nivel de stock sólo queda el punto de pedido para ajustar. Y, una vez fijada la parte ligada al plazo de entrega, es el stock de seguridad, el que se verá afectado, por las limitaciones impuestas. Menos stock supondrá más rupturas, más stock supondrá mejor servicio al cliente.

Cuando el número de productos a considerar es muy elevado la lógica del sistema puede cambiar, pues cambian los riesgos y la valoración y percepción de los mismos. Un ejemplo evidente ocurre con el riesgo de ruptura de stock.

A priori, el riesgo que un logista debe aceptar de ruptura de stock es nulo. Si ocurre que un cliente no recibe producto por falta de material, será acusado de “no hacer su trabajo” si un cliente no puede ser servido porque falta un producto. Pero cuando el director de un almacén gestiona decenas de miles de referencias que se sirven en pedidos que tienen decenas de líneas, el coste de almacenar producto para que nunca se produzcan rupturas de stock es prohibitivo. De hecho, puede resultar más económico alquilar un helicóptero que realice servicios urgentes que tener 10 euros más de stock de todas y cada una de las referencias.

DOS O MÁS ÍTEMS COMPARTEN RECURSO DE FABRICACIÓN

Cuando dos o más productos utilizan el mismo recurso para ser fabricados, los productos se conectan a través de la capacidad de máquina instalada.

El tamaño de lote tiene que tener en cuenta los denominados tiempos de preparación de máquina. Tamaños de lote demasiado pequeños exigirían



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

demasiado tiempo de cambio de partida y por tanto reducirían la capacidad disponible de la máquina para fabricar. Tamaños de lote demasiado elevados implicarán un uso excesivo de la capacidad de almacenaje, que puede estar limitado por el volumen físico, o por la cantidad de dinero que el departamento financiero considera que se debe mantener.

En (Vidal-Carreras, Garcia-Sabater and Garcia-Sabater, 2017) se presenta un modo de gestionar los stocks de producción sin disponer de datos de costes de setup o almacenamiento.

Además, y dado el comportamiento habitualmente estacional de la demanda (pero no de la capacidad productiva), tanto los tamaños de lote como los puntos de pedido podrían ser variables a lo largo del año.

Los niveles de punto de pedido tendrán que tener en cuenta que cuando se alcanzan, la máquina podría estar fabricando otros productos y por tanto el plazo de entrega puede ser variable.

Un modo razonable de gestionar la máquina en estas condiciones es programar la producción, esto es prever no la demanda, si no el momento en el que cada uno de los productos va a alcanzar el punto de pedido (ratio de cobertura) y secuenciar la producción, incluso antes de haber alcanzado el punto de pedido.

En algunas ocasiones, cuando dos o más productos se fabrican muy frecuentemente es posible que se fabriquen simultáneamente. La coproducción exige, en ese caso, modelos específicos de gestión (Vidal-Carreras, Garcia-Sabater and Coronado-Hernandez, 2012)

DOS O MÁS ÍTEMS COMPARTEN RECURSO DE TRANSPORTE

Cuando dos o más productos comparten el mismo recurso para ser transportados, el modo de gestión del stock y la cantidad de producto a comprar en cada momento (el lote) deberían tener en cuenta que el recurso que define el coste fijo es el modo de transporte (por ejemplo, el camión) y quizá sus procesos de carga y descarga.

Y que éste se pondrá en marcha igual con uno que con varios productos. Y, que salvo raras excepciones que pueden ser negociadas, tanto da traer un producto que varios. El tamaño de lote lo definirá el tamaño del camión y si la estrategia es FTL o LTL.

La cantidad de stock en destino dependerá del modo de transporte y también de los niveles de protección en forma de stock que se quiera disponer de cada producto. (Garcia-Sabater, Maheut and Garcia-Sabater, 2012a)



Gestión de Stocks de Demanda Independiente

Un modo razonable de gestionar los stocks en este entorno consiste en definir el tipo de modo de transporte (y tamaño del mismo) que se quiere considerar, definir niveles de punto de pedido (ROP) y de referencia (OUL) para cada producto, y solicitar un nuevo envío cuando un producto alcance su ROP, y rellenar el resto del camión con productos que permitan alcanzar de manera equilibrada el OUL.

La definición del OUL para cada producto debe tener en cuenta individualmente la demanda prevista y el tiempo (siempre estimado) que se tardará en realizar y recibir el siguiente pedido. Colectivamente los OUL individuales deben tener en cuenta que el stock en mano no puede ser superior a la capacidad del sistema.

DOS O MÁS ÍTEMS FORMARÁN PARTE DEL PRODUCTO FINAL

Cuando dos o más ítems forman parte del mismo producto final su demanda está vinculada. La ruptura de stock de uno de ellos, hace inútil el exceso de stock en otro.

Además, la previsión de demanda es fácil, en tanto en cuanto, es sólo una proporción de la demanda del producto final (más un cierto valor ligado a las mermas).

Es por ello que el modo de calcular los momentos y las cantidades de compra se puede hacer de una manera diferente. El modo más conocido de ejecutar esa actividad es el denominado MRP (Planificación de Requerimientos de Materiales).

En la práctica el MRP calcula las necesidades de cada producto multiplicando el plan de fabricación de producto final y la estructura de materiales que hace falta para fabricar cada producto. Al restar al resultado de esa multiplicación, el inventario disponible aparece la previsión de demanda de cada uno de los elementos de la lista de materiales, que además habrán sido temporizados.

Los cálculos anteriores los suele realizar el MRP que tenga la empresa. Y en principio, al conocer los requerimientos de los productos la incertidumbre desaparece. Y por tanto es posible calcular automáticamente un plan de producción que ajuste adecuadamente la capacidad disponible de recursos con las necesidades del nivel superior.

Sin embargo, en la práctica los planes son difíciles de cumplir, y cuando no falta un componente, un cliente da de baja un pedido es por ello que la variabilidad es inevitable...(Mula Bru, Poler Escoto and Garcia Sabater, 2004) Además, la disponibilidad de recursos cuando se baja al nivel de detalle operativo es algo que es difícilmente imputable en una aplicación genérica.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Afortunadamente existen limitaciones a la variabilidad ligada a los recursos disponibles que pueden ser tenidos en cuenta en el momento de calcular. Por ejemplo, la capacidad total de la entidad de nivel superior está limitada, y eso limita la variabilidad del consumo de determinados componentes, o se puede conocer (quizá extraoficialmente) que otro recurso ligado a la misma cadena de suministro pero en una vía paralela, tiene problemas de suministro, que evitarán la variabilidad que de otro modo sería posible.

Así que lo habitual, es que en cada nivel del MRP, alguien se “descargue” los requerimientos en una hoja de cálculo (la disposición matricial de la hoja de cálculo la hace especialmente conveniente), cree un plan de acuerdo a los recursos disponibles, y (en el mejor de los casos) lo comunique de nuevo al ERP (Garcia-Sabater, Maheut and Garcia-Sabater, 2012b) para que lo comunique al resto de miembros del sistema.

GESTIÓN DE STOCKS MULTITAPA

Hasta ahora todos los modelos representaban una única etapa (ya fuera el comprador, ya fuera el fabricante). Pero en la práctica muchas empresas gestionan diferentes etapas (cuantas más etapas más complicado).

Un sistema multietapa se da en una cadena de perfumerías con un almacén central y un conjunto de tiendas a los que sirve. La cantidad de stock en el sistema incluye el stock en las tiendas y el stock en el almacén. La demanda ocurre en las tiendas que solicitan reposición de producto al almacén central cuando la solicitan.

Otro sistema multietapa se da en una fábrica de bicicletas dónde las diferentes etapas productivas alimentan a las siguientes. La cantidad de stock en el sistema incluye el que hay en cada etapa, pero no es lo mismo un radio ya en la rueda que ya está montada en la bicicleta, que un radio en la caja en la que llegó del proveedor.

Uno de los problemas más interesantes que se da en un sistema de gestión multietapa de inventario es el del modo de valoración de los costes de mantenimiento de stocks (Axsäter, 2000). Porque los stocks cuando se transfieren de una etapa a otra se suelen transferir en lotes (camiones, palés) y al transferirlo cambian de valor ¿pero cambian de coste?

En el momento de definir parámetros de gestión del sistema se puede tener en cuenta que los stocks de seguridad pueden estar vinculados entre sí, y que los periodos de revisión deben estar vinculados entre sí. Los stocks de seguridad de una etapa se pueden diseñar teniendo en cuenta que en un sistema multietapa



existen maneras de enviar urgente que no son tan caras. Las políticas de revisión deben coordinarse entre sí, siendo el modo más efectivo las denominadas políticas anidadas. Donde una etapa tiene periodos de revisión que son divisores del periodo de revisión de la etapa anterior. Es decir, si el mayorista pide al fabricante cada mes, el minorista debe pedir al mayorista una vez al mes, o dos veces al mes, o cuatro veces al mes, de tal modo que el sistema se puede llegar a sincronizar.

GESTIÓN DE STOCKS MULTITAPAS: EL EFECTO BULLWHIP

Cuando no se coordina la actividad entre las diferentes etapas se produce de manera natural un proceso de amplificación de la demanda conocido como efecto látigo (*Bullwhip*). La combinación de pequeñas oscilaciones en la demanda en los puntos de venta con un esquema de transmisión de información y de materiales con un cierto retraso temporal genera una amplificación de la señal aguas arriba.

Las causas del efecto látigo son muy variadas: desde la propia estructura de la cadena (plazos de entrega largos, periodos de revisión descoordinados), actualización de las previsiones de la demanda, lotificación de órdenes, fluctuaciones en los precios y descuentos por cantidad, movimientos de especulación o de protección, esquemas de optimización local...

El problema que representa el efecto látigo en la cadena de suministro es que genera excesos de stocks –con los costes asociados-, al mismo tiempo que puede estar generando rupturas del mismo –con los costes asociados- además de un muy mal uso de la capacidad instalada (tanto de almacenes como de transporte).

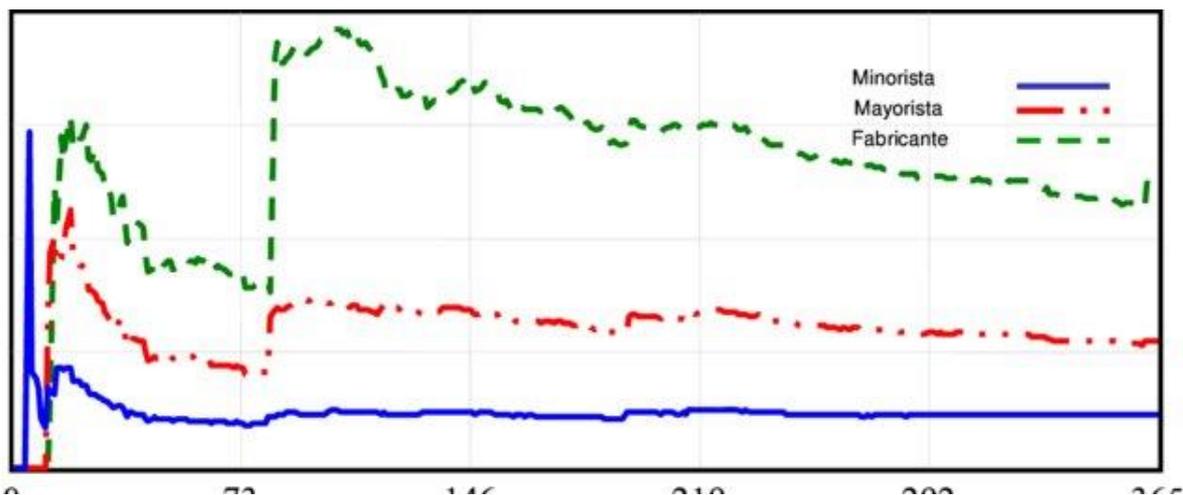


Ilustración 8: Efecto Bull Whip (fuente: (Campuzano, McDonells and Lario Esteban, 2008)



This obra by Jose P. García-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

GESTIÓN DE STOCKS MULTITAPA: CONTRARRESTAR EL BULLWHIP

Algunos de los modos de contrarrestar el efecto látigo es reducir el tiempo de respuesta, mejorar la calidad de los datos (acceso a datos en tiempo real), reducir los costes (o la imputación de los mismos) que obligan a adquirir grandes lotes, estabilizar los precios (eliminar los descuentos), facilitar la sincronización entre etapas.

Una técnica utilizada es el **VMI (Vendor Managed Inventory)** darle al proveedor la oportunidad de gestionar sus stocks en las instalaciones del cliente. Puede hacerse con stock en consigna o simplemente dándole acceso al sistema de información.

La **Reposición Continua** es una técnica que permite reducir el efecto Bullwhip y el nivel de stock por la vía de reponer diariamente (o incluso con más frecuencia). se repone hasta un sistema de nivel de referencia precalculado sin tratar de hacer lotes ni prever la demanda (más que para dimensionar la capacidad del sistema). En entornos de distribución se suele llamar técnica de Respuesta Rápida (Quick Response) y en entornos de fabricación Just In Time.

Asociado al Just In Time, en entornos productivos los sistemas **Kanban y Conwip** pretenden limitar la cantidad de stock en cada una de las etapas (o en todas las etapas de modo agregado). Además, los sistemas Kanban actúan sobre el sistema reduciendo y simplificando la notificación de órdenes asumiendo que la orden llega con cada una de las tarjetas.

Al aplicar una estrategia de “**no ofertas**” –“siempre precios bajos” la demanda se mantiene estable, y por tanto la previsión es más fácil de hacer, los puntos de gestión de stock no se activan indiscriminadamente, y el efecto de ampliación de la señal se reduce.

Otra técnica que reduce el efecto Bullwhip es **anidar la gestión de stocks** en las diferentes etapas. Dicha técnica consiste en que una etapa aguas arriba sólo revisa su posición de stock (y por tanto lanza órdenes) en un periodo que es múltiplo de los periodos de las instalaciones a las que sirve. En este caso, la política de gestión de stocks más adecuada es revisión periódica en potencias de 2. Esto es así porque cualquier potencia de 2 mayor que otra es múltiplo necesariamente de la más pequeña.

Cuando el sistema es multitapa porque el producto final es el resultado de operaciones con productos de su lista de materiales, la técnica adecuada para la gestión de materiales en el sistema es la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP). El MRP utiliza la previsión de demanda de los productos finales



y la lista de materiales de los mismos para estimar la demanda de los componentes.

Aplicada a las redes de distribución, una variante del MRP es el DRP (Distribution Resource Planning). Con el DRP se agregan la demanda de los eslabones finales de la red, en los eslabones intermedios y estos en los superiores. Anticipando de este modo los envíos que entre etapas se deben realizar.

BIBLIOGRAFÍA

Axsäter, S. (2000) *Inventory Control*. Kluwer International Series.

Campuzano, F., McDonells, R. and Lario Esteban, F. (2008) 'Consecuencias del efecto Bullwhip según distintas estrategias de gestión de la cadena de suministro: modelado y simulación//Bullwhip Effect Consequences', *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 5, pp. 49–66. Available at: <https://rio.upo.es/xmlui/handle/10433/3593> (Accessed: 17 September 2019).

Chopra, S. and Meindl, P. (2016) *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Pearson Education. Available at: <https://www.scholars.northwestern.edu/en/publications/supply-chain-management-strategy-planning-and-operation-2> (Accessed: 8 April 2019).

Garcia-Sabater, J. P. (2004) 'Gestión de stocks de demanda independiente', ... *Universidad Politécnica de ...* Available at: https://scholar.google.es/scholar?start=10&q=garcia-sabater&hl=es&as_sdt=0,5#3 (Accessed: 5 February 2015).

Garcia-Sabater, J. P., Maheut, J. and Garcia-Sabater, J. J. (2012a) 'A two-stage sequential planning scheme for integrated operations planning and scheduling system using MILP: The case of an engine assembler', *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 24, pp. 171–209. doi: 10.1007/s10696-011-9126-z.

Garcia-Sabater, J. P., Maheut, J. and Garcia-Sabater, J. J. (2012b) 'A two-stage sequential planning scheme for integrated operations planning and scheduling system using MILP: The case of an engine assembler', *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 24(2), pp. 171–209.

Mula Bru, J., Poler Escoto, R. and Garcia Sabater, J. P. (2004) 'Aplicaciones de la Teoría de los Conjuntos Difusos en la Planificación de la Producción: Un Estudio de la Literatura', in *VIII Congreso de Ingeniería de Organización*, pp. 101–110.

Vidal-Carreras, P. I., Garcia-Sabater, J. P. and Coronado-Hernandez, J. R. (2012) 'Economic lot scheduling with deliberated and controlled coproduction', *European Journal of Operational Research*, 219(2), pp. 396–404.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV

Vidal-Carreras, P. I., Garcia-Sabater, J. P. and Garcia-Sabater, J. J. (2017) 'A practical model for managing inventories with unknown costs and a budget constraint', *International Journal of Production Research*. Taylor & Francis, 55(1), pp. 118–129. doi: 10.1080/00207543.2016.1198056.



This obra by Jose P. Garcia-Sabater is licensed under a
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-
CompartirIgual 3.0 Unported License.

<http://hdl.handle.net/10251/138753>

ROGLE - UPV