

Modulo 2

*Sistemas y Modelos de
Inventarios*

AUTOR: Beatriz Lorena Rodríguez Montenegro

2011



MODULO 2. SISTEMAS Y MODELOS DE INVENTARIOS

En el módulo 1 vimos como la gestión de inventarios tiene como objetivo principal equilibrar el coste / servicios. Para lograr equilibrarlos es necesario tomar DOS decisiones básicas que lo afectan directamente: Ellas son: “cuándo hacer el pedido” y “cuánto pedir”.

Este módulo presentará las técnicas relacionadas con estas decisiones tanto para cantidades de pedido fijas, como para cantidades variables.

Para entender de que se tratan estas dos decisiones veamos un ejemplo sencillo: Cuando va en su carro y el indicador de combustible registra lleno, prestamos poca atención al nivel de stock y no nos preocupa quedarnos varados. A medida que el nivel de stock (gasolina) baja, el indicador de combustible desciende gradualmente hasta un determinado nivel en que la luz se enciende. Este es el momento (PUNTO) de hacer el nuevo pedido (aquí tomamos la decisión de **cuándo pedir**) y, esencialmente, es una advertencia de que si no hacemos un nuevo pedido, nos quedamos en mitad de carretera.

Para determinar este momento (punto), tenemos que pensar en dos cosas:

- En la oferta: Obviamente, si la localización de la gasolinera es conocida y también sabemos que está abierta, hay menos incertidumbre y puede que nos arriesguemos a mantener bastante bajo el nivel de stock de combustible. Si, por el contrario, no conocemos el área, puede que nos veamos obligados a parar en la primera gasolinera que nos encontremos, haciendo efectivamente nuestro pedido para protegernos de la incertidumbre.
- En la demanda: si conducimos deprisa, gastamos más gasolina. Estamos, en efecto, pronosticando cuanto combustible gastaremos antes de que lleguemos a la gasolinera.

Teniendo en cuenta ambas condiciones de la oferta y la demanda, haremos un plan. Si las cosas van de acuerdo al plan, entonces llegaremos a la gasolinera y no tendremos ningún contratiempo.

Al llegar a la gasolinera (y ya saber cuándo vamos a pedir) debemos tomar la segunda decisión **CUÁNTO PEDIR**. Depende de la persona y su actividad se usara diferentes estrategias para realizar el pedido. Algunas trabajan todo el día en el carro haciendo carreras (taxi), estas ya tendrán una cantidad fija cada vez, ya sea fijando la cantidad de dinero a gastar o el volumen. Cuando es una cantidad fija cada vez tenemos un sistema de pedido. Otras personas recurren distancias más largas porque viajan a otras ciudades unos días y otros no, esta es una cantidad variable y está relacionada con un sistema de pedido variable.

Podemos tener otro escenario, habrá personas que prefieren disminuir su incertidumbre y no quedarse sin gasolina, entonces llevan un galón de combustible como **stock de seguridad**.

Con base a este ejemplo podemos concluir que la decisión de cuándo hacer un pedido depende básicamente del tipo de revisión que se aplique a los artículos. Si la revisión es **periódica**, el pedido se hace cada cierto tiempo. En cambio, si la revisión es **continua**, la decisión de cuándo hacer un pedido, se deduce de la comparación entre nivel de stock disponible y la cantidad calculada por el método del punto de pedido.

Según lo anterior debemos dar respuesta a dos preguntas:

1. ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse?
2. ¿Cuándo deben pedirse?

La respuesta a la primera pregunta se expresa en términos de lo que llamaremos cantidad óptima de pedido (EOQ).

EOQ representa la cantidad óptima a ordenar cada vez que se realice un pedido y puede variar con el tiempo, dependiendo de la situación que se considere. La respuesta a la segunda pregunta dependerá del tipo de sistema de inventarios: Veamos cada uno de estos sistemas de revisión y su aplicación:

Sistemas de revisión continua

Cuando un artículo se revisa en forma continua significa que los niveles de inventario son revisados inmediatamente después de que tienen lugar las transacciones. El sistema de revisión continua tiene las siguientes características:

- Cuando el nivel de existencias cae por debajo de cierto punto predeterminado (llamado punto de reorden) se debe colocar un pedido por una nueva cantidad de producto que es fija (constante cada vez).
- Como esta cantidad es fija el tiempo entre pedido será función de la demanda que ahora es aleatoria.
- El nivel de inventario al cual debe colocarse un nuevo pedido, suele ser especificado como punto para un nuevo pedido.
- También se conoce como sistema de cantidad fija de reorden.

Sistema de revisión Q: Continuo

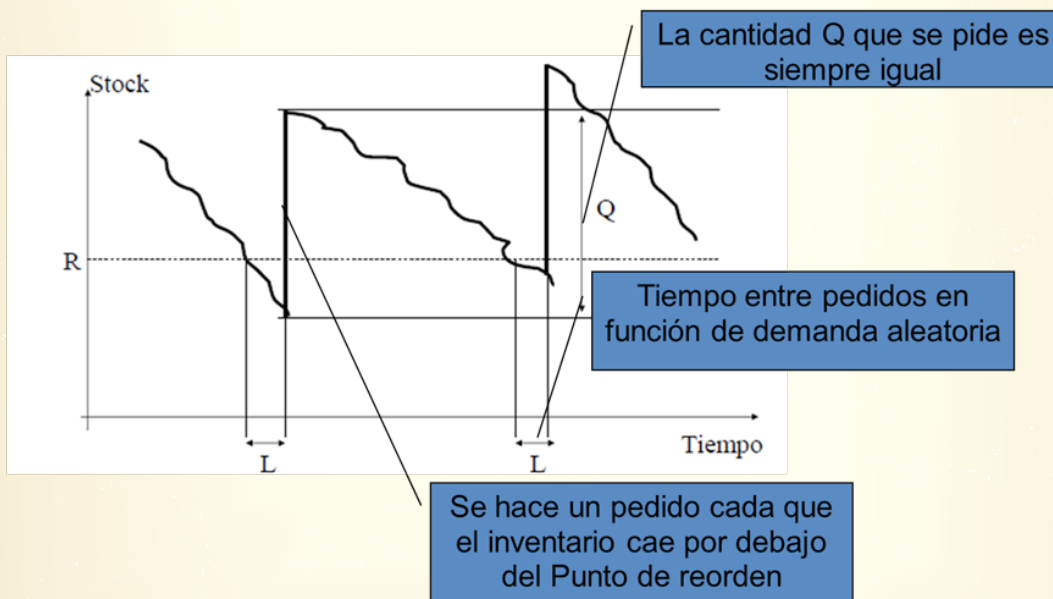


Figura tomada de los apuntes de MBA Internacional en Gestión Logística Integral y SCM, del Instituto Tecnológico de Logística Montevideo-Uruguay. Campus Virtual-Gestión Superior de Inventarios.

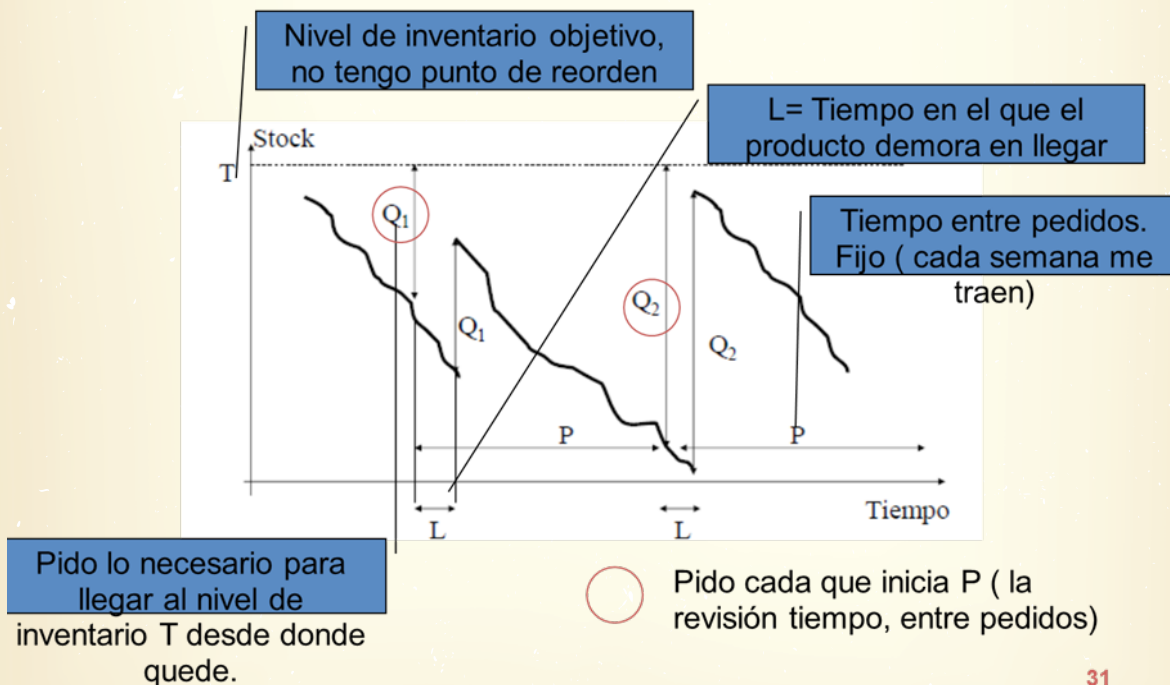
Sistema de revisión periódico

Se requiere revisión periódica en intervalos de tiempo iguales, por ejemplo: cada semana, cada mes, etc.; el tiempo para adquirir un nuevo pedido, suele coincidir con el inicio de cada intervalo de tiempo.

Por ejemplo en el caso del comercio que recibe la visita de un vendedor (levanta pedidos) del distribuir de bebidas 1 vez por semana y no tiene posibilidades de solicitar entregas fuera de ruta. El producto llegará un tiempo L después que el vendedor levantó el pedido.

En este sistema de inventario se revisa cada intervalos fijos de tiempo (P) y el objetivo es llegar a un nivel de inventario T que cubra la demanda hasta el siguiente punto de revisión. De está manera la cantidad pedida será variable ($Q_1, Q_2, Q_3, Q_4...$) e igual a: $Q_i = T - \text{inventario existente}$

Sistemas de Revisión P: Periódico



31

Figura tomada de los apuntes de MBA Internacional en Gestión Logística Integral y SCM, del Instituto Tecnológico de Logística Montevideo-Uruguay. Campus Virtual-Gestión Superior de Inventarios.

Con base a estos dos sistemas y según los apuntes del curso **Logística y Distribución**, preparado por **Juan Sánchez Ramos** (Escuela de Ingeniería de Transporte, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Valparaíso, Chile) Documento alojado en el portal Logística y Distribución de la revista Virtual Pro; se puede expresar la solución del problema general de inventarios como:

- a. Caso revisión continua: cuándo el nivel de inventario llegue al punto para un nuevo pedido (Punto de reorden R), se coloca el pedido, de tamaño igual a $EOQ = Q$ (óptima).
- b. Caso revisión periódica: Recepción de nuevo pedido de la cantidad especificada por EOQ en intervalos de tiempo.

Modelos de inventario

El modelo general de inventarios parece ser sencillo, pero en realidad existen variedad de modelos que van desde el empleo del simple cálculo hasta refinadas aplicaciones de programación dinámica y matemática, la razón de esto es por la demanda: Sí la demanda del artículo es determinística o probabilística:

Según los apuntes del curso **Logística y Distribución**, preparado por **Juan Sánchez Ramos** (Escuela de Ingeniería de Transporte, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Valparaíso, Chile):

- Demandas determinística: Demanda de un artículo que se conoce con certeza
 - a. Estática: cuando la tasa de consumo permanece constante durante el transcurso del tiempo
 - b. Dinámica: la demanda se conoce con certeza, pero varía el periodo siguiente.

Ejemplo: en un proceso de fabricación automatizado, podría saber que una máquina inserta precisamente 29 chips por minuto en un tablero de circuitos integrados. Aquí los chips son los artículos a mantenerse en inventario

- Demanda probabilística: demanda de un artículo que está sujeta a una cantidad significativa de incertidumbre y variabilidad.

Ejemplo: En un hospital usted no sabe cuánto y qué tipo de paciente tendrá la semana entrante, lo que coacciona una demanda incierta de los suministros médicos.



A pesar de que el tipo de demanda es el factor principal en el diseño del modelo de inventarios, existen otros factores que también pueden influir en la manera como se formule el modelo a seguir, entre ellos están:

1. Demoras en la entrega: al colocar un pedido, puede entregarse inmediatamente o requerir de cierto tiempo.
2. Reabastecimiento del almacén: el abastecimiento del almacén puede ser instantáneo o uniforme (producto producido al interior de la fabrica)
3. Horizontes de tiempo (finitos o infinitos)

Modelos Determinísticos:

Es difícil idear un modelo general de inventarios que tome en cuenta todas las variaciones de los sistemas reales, incluso, aun si puede ser formulado un modelo lo suficientemente general tal vez no sea posible su resolución analítica, por consiguiente, estos modelos tratan de ser ilustrativos de algunos sistemas de inventarios.

Para explicar el modelo, recordemos que EOQ representa la cantidad óptima a ordenar cada vez que se realice un pedido y puede variar con el tiempo, dependiendo de la situación que se considere.

La utilización de este modelo (EOQ_Economic Order Quantity_), desarrollado en 1915 por F.W. Harris & Wilson, se aplica para manejo de inventarios con demanda independiente y se basa en las siguientes SUPUESTOS:

- La tasa de demanda es constante
- Los costos no cambian
- Las capacidades de producción y de inventario son ilimitadas

A pesar de estas suposiciones aparentemente restrictivas, el modelo de EOQ suministra lineamientos útiles para tomar decisiones de orden, aún en situaciones de operación que divergen sustancialmente de estas suposiciones.

Veamos la representación gráfica del modelo..

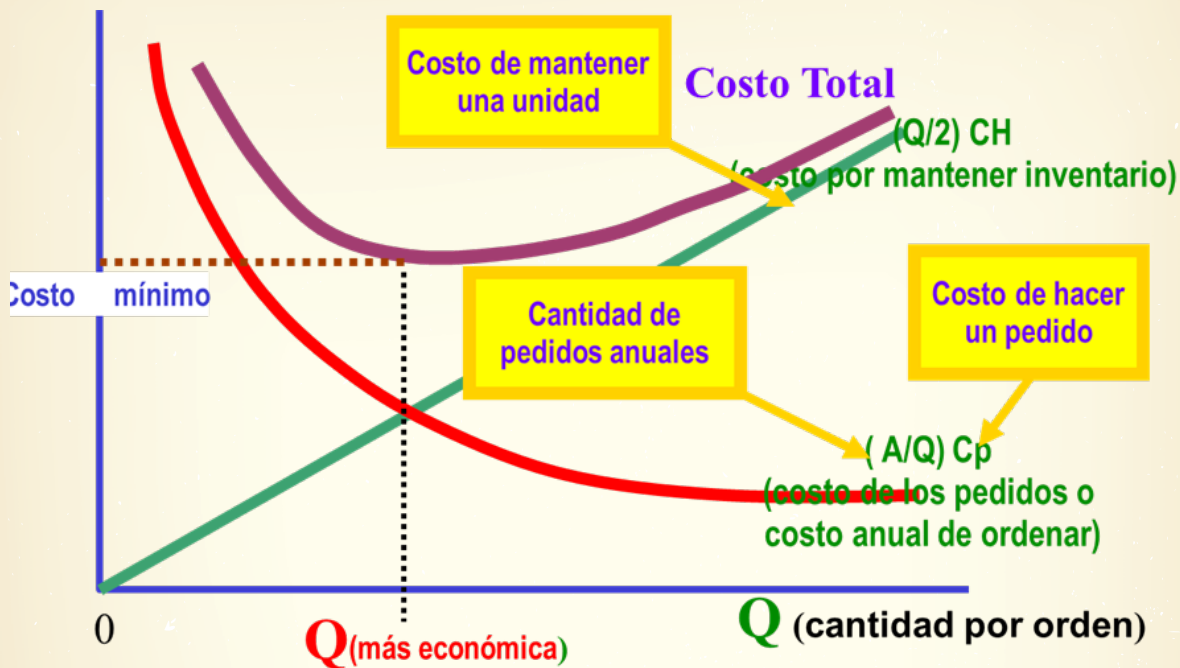


Figura: 1 Representación gráfica del modelo EOQ. Tomada de los apuntes de MBA Internacional en Gestión Logística Integral y SCM, del Instituto Tecnológico de Logística Montevideo-Uruguay. Campus Virtual-Gestión Superior de Inventarios.

Para explicar la fórmula de cálculo de la EOQ, nos basaremos en la teoría del Modelo de Cantidad económica de pedido¹

La ecuación del costo anual total para la cantidad económica de pedido ordenada es:

$$CAT = (A/Q) C_p + (Q/2) C_H \quad (5.1)$$

$(A/Q) C_p$ = Costo de hacer un pedido, costo anual de ordenar

- A es la demanda anual del artículo
- Q es la cantidad ordenada
- C_p es el costo de preparación de la orden.

Por lo tanto el costo total de orden por año es proporcional al número de ordenes colocadas anualmente (A/Q)

$(Q/2) C_H$ = Costo por mantener inventario o costo anual de mantenimiento de inventario.

- Inventario promedio se supone como la mitad de la cantidad ordenada (Q)
- C_H es el costo de mantenimiento de inventario por unidad por año; esto es,
 - (v) el costo del artículo multiplicado por
 - (C_r) la tasa anual de costo de mantenimiento de inventario

Los costos combinados de ordenar y mantener inventario se expresan como una función de cantidad ordenada (Q) en la ecuación 5.1, permitiendo **evaluar el costo total de cualquier cantidad ordenada dada.**

Según la figura 1. La cantidad para el mínimo costo de orden es:

$$CAT = (A/Q) C_p + (Q/2) C_H$$

$$d CAT/d Q = - C_p(A/Q^2) + C_H/2$$

$$C_p(A/Q^2) = C_H/2$$

$$Q^2 = 2 C_p A/ C_H$$



$EOQ = \sqrt{\frac{2C_p A}{C_H}}$ que es lo mismo que

$EOQ = \sqrt{\frac{2C_p A}{C_r X v}}$

Donde EOQ es el valor óptimo de Q.

Veamos un ejemplo práctico: Se está administrando un almacén de alfombras y se desea determinar cuántos metros comprar de un cierto tipo de alfombra.

Se sabe que:

- **A = 360 metros por año**
- **C_p = \$ 10 por pedido**
- **C_r = 25% al año**
- **V = \$ 8 por metro**
-

Se debe determinar cuál es la cantidad óptima de pedido a ordenar:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_p A}{C_r X v}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 360}{0.25 \times 8}} = 60$$

Se deben comprar cada vez 60 metros de alfombra.

Con el modelo EOQ podemos determinar cuánto pedir, para dar respuesta a la segunda decisión de la gestión de inventarios CUANDO PEDIR, debemos centrarnos nuevamente en el tipo de revisión: ¿CUÁNDO PEDIR?

Modelo de Gestión de Inventarios con base al Sistema de Revisión Continua:

Según los apuntes del curso **Logística y Distribución**, preparado por **Juan Sánchez Ramos** (Escuela de Ingeniería de Transporte, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Valparaíso , Chile) Documento alojado en el portal Logística y Distribución de la revista Virtual Pro; En la práctica, la mayoría de las veces, se tiene un mayor tiempo de fabricación o de retraso, desde el instante en que se coloca una orden hasta que ella es realmente entregada, en consecuencia, en el modelo la política de pedidos debe especificar con claridad el punto de reordenamiento o reposición, este debe ocurrir cuando queden L unidades de tiempo previo a la entrega, como lo muestra la figura N°2.

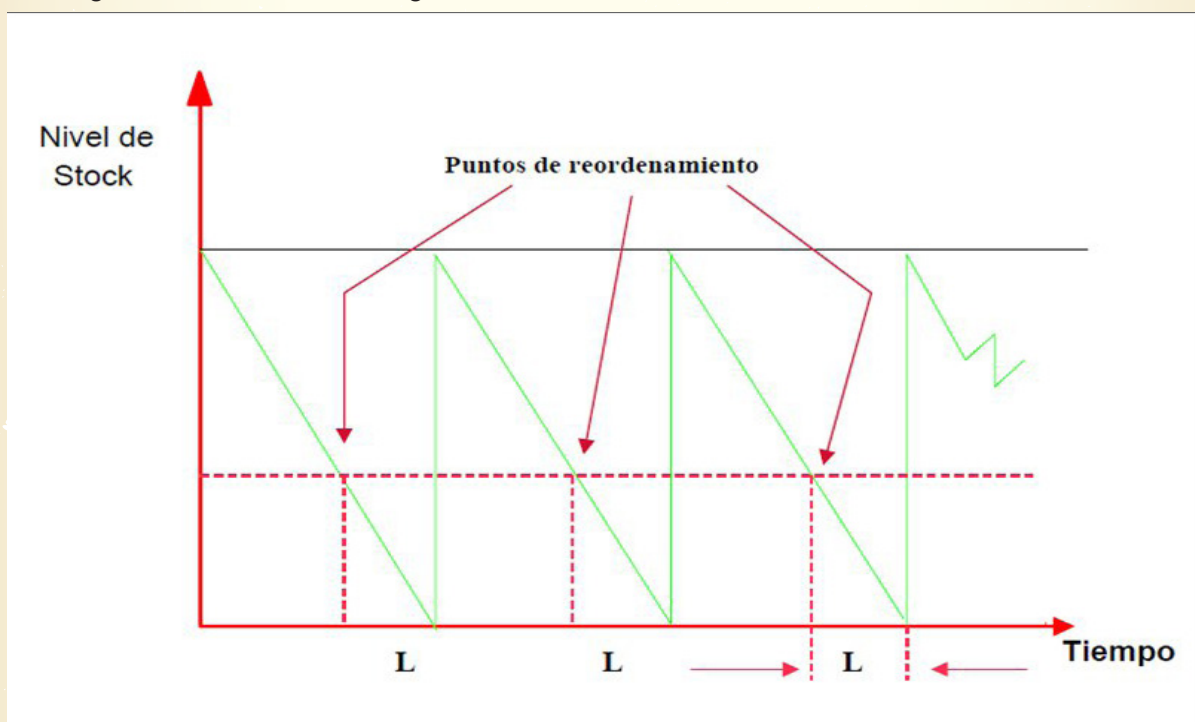


FIGURA 2. Puntos de reordenamiento. Figura tomada de los apuntes del curso : **Logística y Distribución**, preparado por **Juan Sánchez Ramos** (Escuela de Ingeniería de Transporte, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Valparaíso , Chile) Documento alojado en el portal Logística y Distribución de la revista Virtual Pro

En general, esta información se puede traducir convenientemente para su implantación práctica especificando solo el nivel de inventario en que se debe volver a pedir. Esto es equivalente a observar continuamente el nivel del inventario hasta que se alcance el punto de reorden.

Con base a lo anterior podríamos resumir que el sistema de revisión continua queda determinado por los siguientes parámetros

1. Q que se hace igual al valor de Q^* de la ecuación de EOQ.
2. R que se determina estadísticamente por la probabilidad de inexistencia basado en el nivel de servicio al cliente.
3. En general: $R = m + ss$ donde:
 - m demanda promedio total durante el tiempo L.
 - ss inventario de seguridad

Veamos con más detalle cada uno de los parámetros:

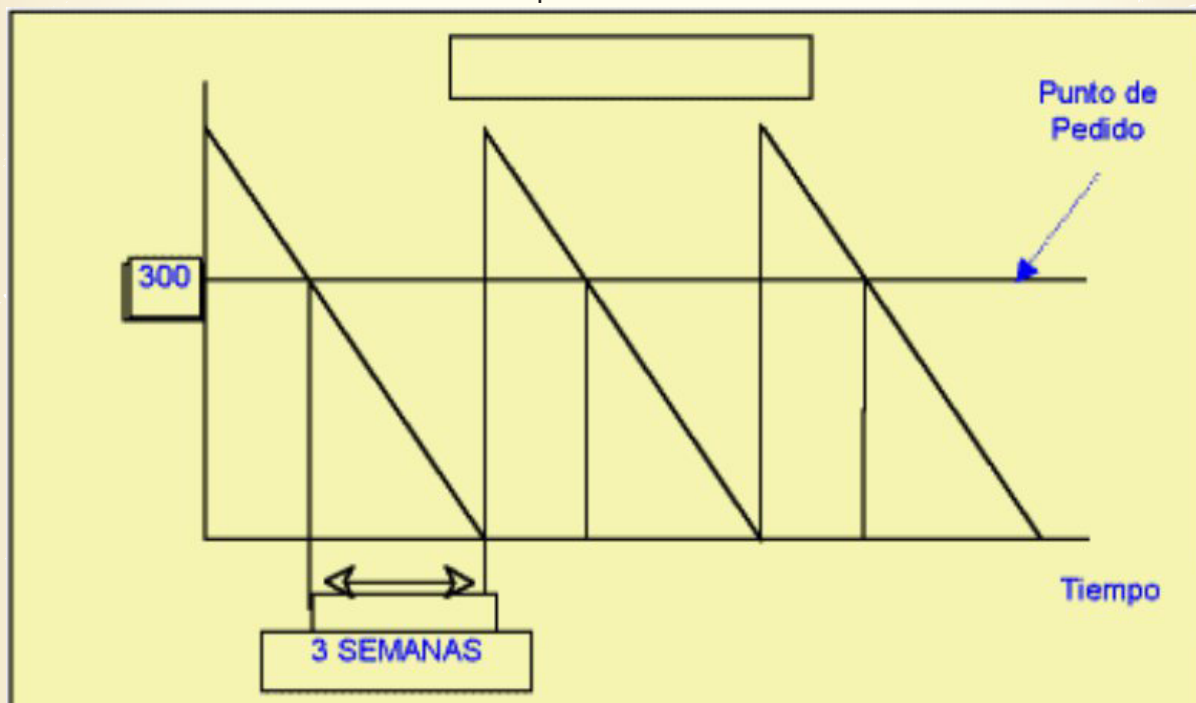


FIGURA 3. Ejemplo de sistema de revisión continua. Figura tomada de los apuntes de MBA Internacional en Gestión Logística Integral y SCM, del Instituto Tecnológico de Logística Montevideo-Uruguay. Campus Virtual-Gestión Superior de Inventarios.

- **R: Punto de reorden** = Punto de pedido: $R = m + ss$ (demanda media durante el punto de suministro más el stock de seguridad para la incertidumbre en el suministro)

Presentaremos un ejemplo para entender el significado de punto de reorden. Supongamos que tenemos un artículo que tiene un tiempo de suministro de 3 semanas y una demanda semanal conocida de 100 unidades. El stock disponible se va reduciendo hasta alcanzar las 300 unidades. En este punto (el punto de pedido), la empresa hace un nuevo pedido. Como lo muestra la figura 3.

Por lo tanto la cantidad de punto de pedido es una señal que indica a la empresa cuando debe hacer el nuevo pedido. Durante las tres semanas siguientes (el tiempo de suministro) se irán vendiendo las 300 unidades, de tal forma que al final de la tercera semana, cuando se esté vendiendo la última unidad de stock, se recibirá el pedido.

- **M: Demanda promedio total durante el tiempo L:** Demanda media en el tiempo de suministro se calcula:

Tiempo de suministro X demanda media

Por ejemplo, si la demanda semanal media es de 100 unidades y el tiempo de suministro es de 3 semanas, la demanda media en el tiempo de suministro será de $100 \times 3 = 300$ unidades.

- **L: Tiempo de suministro:** o tiempo de entrega: intervalo de tiempo que transcurre desde el momento en que se identifica la necesidad de hacer un pedido, hasta el momento en el que los artículos están disponibles en nuestras instalaciones y en nuestro sistema.

Aquí no se puede confundir con el tiempo de entrega del proveedor; que normalmente es más corto. El tiempo de entrega no incluye el tiempo necesario para desarrollar las tareas administrativas anteriores y posteriores al pedido, ni el tiempo necesario para recibir y almacenar el stock; mientras que el tiempo de suministro sí.

En la mayoría de los sistemas de inventario, el tiempo de suministro es un valor predefinido. El cual se puede determinar de varias formas:

- Un acuerdo con el proveedor sobre el tiempo de entrega más el tiempo interno de la empresa para hacer y recibir un pedido.
- Un análisis de los tiempos de suministros pasados. El nuevo tiempo de suministro puede ser una media de los períodos pasados; o puede ser un valor arbitrariamente superior a esa media. Con esta última, la empresa pretende cubrirse de la mayoría de las incidencias relacionadas con el tiempo de suministro de los pedidos.

Modelo de Gestión de Inventarios con base al Sistema de Revisión Periódico:

Cuando un artículo se revisa periódicamente, significa que la revisión solo se hace en determinados momentos de tiempo; por ejemplo, semanalmente o mensualmente. Entre dos momentos de revisión, el producto no se examina.

En el momento de revisión será necesario determinar cuánto stock se va a utilizar durante el tiempo que transcurrirá hasta que llegue el siguiente momento de revisión. En este momento se hará un nuevo pedido y por lo tanto, también se tendrá que tener en cuenta el stock necesario para cubrir el tiempo de suministro. Esta cantidad de stock se denomina **NIVEL MÁXIMO DE STOCK (T)** y se calcula de modo similar a la cantidad de pedido (R) en la revisión continua.



El siguiente diagrama presenta un esquema del proceso de revisión periódica:

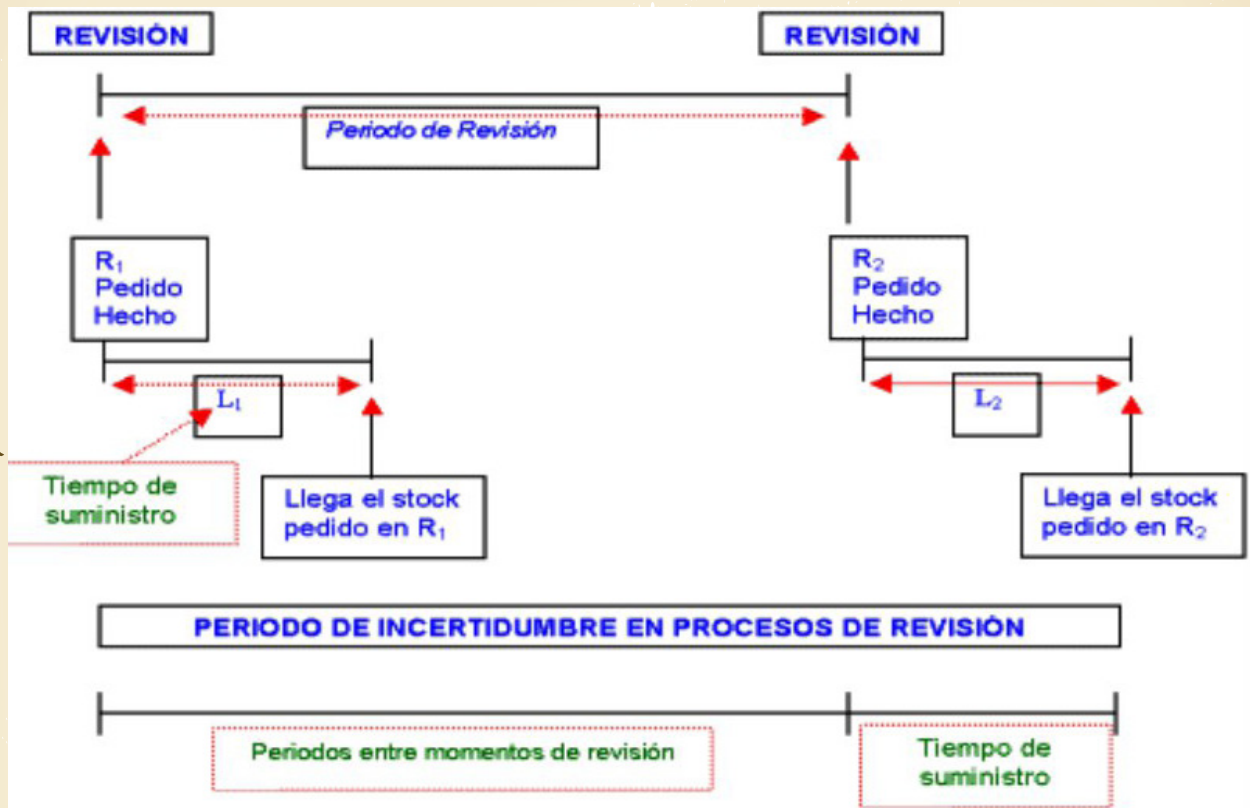


Figura tomada de los apuntes de MBA Internacional en Gestión Logística Integral y SCM, del Instituto Tecnológico de Logística Montevideo-Uruguay. Campus Virtual-Gestión Superior de Inventarios.

El sistema de revisión periódica precisa de un stock máximo que cubra el período de revisión y el tiempo de suministro; además de cubrir la incertidumbre en el suministro y la demanda.

El cálculo del stock máximo se haría de la siguiente manera:

$$\text{STOCK MÁXIMO: } T = m + ss$$

Donde:

- m = demanda promedio durante el tiempo $P + L$.

$$P \text{ (entre pedidos) } = \frac{\text{días trabajados al año}}{\frac{A}{EOQ}}$$

- ss = inventario de seguridad.

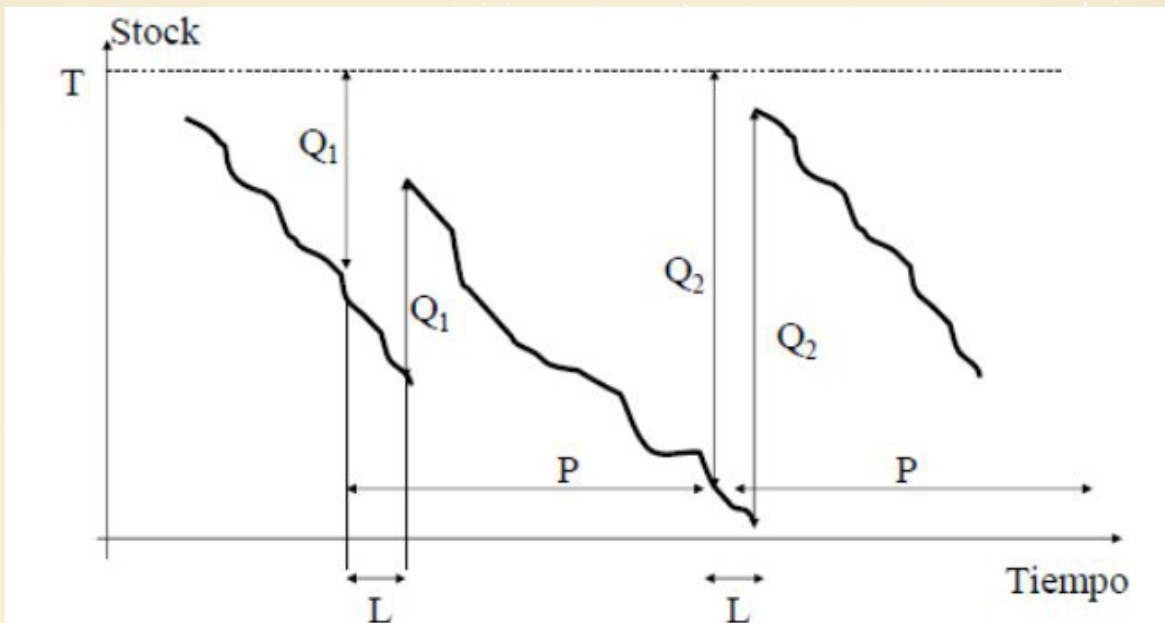


Figura tomada de los apuntes de I curso de Analista en Logística del Instituto Universitario BIOS de Montevideo-Uruguay. Materia: Gestión Logística.

Veamos el siguiente ejemplo:

Según el caso del almacén de muebles que venimos trabajando tenemos los siguientes datos:

- Demanda promedio = 200 cajas por día.
- Tiempo de entrega = 4 días.
- Stock de seguridad = 1.200
- C_p = \$ 20 por orden
- C_r = 20% al año
- v = \$ 10 por caja

El almacén mantiene un sistema de revisión Periódica y trabaja 250 días por año.

Debido a que trabaja solo 250 días al año :

A = 200 cajas por día X 250 días al año

A = 50.000 cajas por año (me permite calcular el EOQ)

$$P \text{ (entre pedidos)} = \frac{\text{días trabajados al año}}{\frac{A}{EOQ}}$$

$$T = m + ss$$

$$M = 200 \text{cajas/día} \times ((\quad) + L)$$

$$M = 200 \text{ cajas/ día} \times ((250 / 50.000/EOQ) + L)$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_p A}{C_r \times v}}$$

$$\sqrt{\frac{2 \times 20 \times (200 \times 250)}{0.2 \times 10}} = 1000 \text{ cajas}$$

$$M = 200 \times ((250 / 50000/1000) + L)$$

$$M = 200 \times ((250/50) + 4)$$

$$M = 200 \times (5 + 4)$$

$$M = 200 \times (9)$$

$$M = 1800$$

$$T = m + ss$$

$$T = 1800 + 1200$$

$$T = 3000 \text{ cajas}$$

Según este ejemplo si el almacén trabaja con un sistema de revisión periódica debe revisar existencias cada 5 días y solicitar la cantidad de producto necesaria para llegar a un stock de 3.000 cajas.

¿Cómo decidimos entre la aplicación de uno o de otro?

No hay reglas específicas aunque el sistema periódico se puede preferir en las siguientes condiciones:

- Cuando se deben entregar pedidos cada determinados período de tiempo. Ejemplo: entrega semanal de bebidas a un restaurante.
- Cuando se ordenan múltiples productos a un mismo proveedor dado que éste preferirá hacer una sola entrega y no distintas cada vez que lleguemos al punto de reorden para cada artículo si aplicáramos el sistema de revisión continuo.

