

CAPÍTULO 12

Administración de inventarios

Esquema del capítulo

Perfil global de una compañía: Amazon.com

Funciones del inventario 484
Tipos de inventario 484

Administración de inventarios 485
Análisis ABC 485
Exactitud en los registros 486
Conteo cíclico 487
Control de inventarios para servicios 488

Modelos de inventario 489
Demanda independiente contra dependiente 489
Costos de mantener, ordenar y preparar inventarios 490

Modelos de inventario para demanda independiente 490
Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ) 490
Minimización de costos 491
Puntos de reorden 495
Modelo de la cantidad económica a producir 497
Modelos de descuentos por cantidad 500

Modelos probabilísticos e inventario de seguridad 502
Otros modelos probabilísticos 505

Sistemas de periodo fijo (P) 507

Resumen 509
Términos clave 510
Uso de software para resolver problemas de inventario 510
Problemas resueltos 511
Autoevaluación 515
Ejercicio de modelo activo 515
Ejercicios para el estudiante 516
Preguntas para análisis 516
Dilema ético 516
Problemas 517
Estudio de caso: Zhou Bicycle Company; Sturdivant Sound Systems 521
Caso en video: Control de inventario en Wheeled Coach 522
Estudio de casos adicionales 522
Bibliografía 523
Recursos en internet 523

Objetivos de aprendizaje

Al terminar de estudiar este capítulo, usted será capaz de

1. Realizar un análisis ABC
2. Explicar y usar el conteo cíclico
3. Explicar y usar el modelo EOQ para inventarios con demanda independiente
4. Calcular un punto de reorden y explicar el concepto de inventario de seguridad
5. Aplicar el modelo de la cantidad económica a producir
6. Explicar y usar el modelo de descuentos por cantidad
7. Entender los modelos de niveles de servicio y de inventario probabilístico



Diez decisiones estratégicas en AO

Diseño de bienes y servicios

Administración de la calidad

Estrategia del proceso

Estrategias de localización

Estrategias de distribución de instalaciones

Recursos humanos

Administración de la cadena de suministro

Administración de inventarios

Demanda independiente

Demanda dependiente

JIT y operaciones esbeltas

Programación

Mantenimiento



Perfil global de una compañía: Amazon.com

La administración de inventarios proporciona una ventaja competitiva en Amazon.com

Cuando Jeff Bezos abrió su revolucionario negocio en 1995, se intentaba que Amazon.com fuera un minorista “virtual” sin inventarios ni almacenes ni costos generales con sólo un montón de computadoras tomando pedidos y autorizando a otros para completarlos. Es evidente que las cosas no resultaron así. En la actualidad, Amazon mantiene millones de artículos en inventario, entre cientos de miles de cajones y anaqueles metálicos, en almacenes (siete en todo Estados Unidos y tres en Europa) que duplican el espacio de todos los pisos del edificio Empire State.

Y fue precisamente la administración de este inventario masivo lo que convirtió a Amazon en un líder de clase mundial en la administración y automatización de almacenes, con ventas anuales de más de 8 mil millones de dólares. Este perfil muestra qué está detrás de su operación.

Cuando usted hace un pedido en Amazon.com, no sólo está comerciando con una compañía basada en internet, sino que está haciendo negocios con una compañía que obtiene una ventaja competitiva a través de la administración de inventarios.

- **1. Usted ordena tres artículos, y una computadora ubicada en Seattle hace el cargo.** Una computadora asigna su orden un libro, un juego y una cámara digital a uno de los centros de distribución masiva de Amazon localizados en Estados Unidos, como la instalación de 750,000 pies cuadrados de Coffeyville, Kansas.
2. **En Coffeyville, la “maestra del flujo” recibe su orden.** Para surtir su pedido, ella determina cuáles trabajadores van y a dónde.



- ◀ **3. Las filas de luces rojas muestran los productos que se pidieron.** Los trabajadores se desplazan de un foco a otro y después de tomar el artículo del anaquel presionan el botón para apagar la luz. Este sistema se conoce como “recoger con la luz”. El sistema duplica la velocidad de los operarios manuales que recogen los artículos y reduce casi hasta cero su tasa de error.

- ▼ **4. Sus artículos se colocan en cajas sobre bandas transportadoras.** Cada artículo se coloca dentro de una gran caja verde que contiene los pedidos de muchos clientes. Cuando está llena, la caja viaja por varias bandas transportadoras que recorren más de 10 millas a través de la planta a una velocidad constante de 2.9 pies por segundo. El código de barras de cada artículo es leído 15 veces, tanto por máquinas como por muchos de los 600 trabajadores. La meta es reducir los errores a cero —las devoluciones son muy costosas.



► **5. Los tres artículos convergen en un tobogán y después en una caja.** Todas las cajas llegan a un punto central donde se ve a qué orden corresponden los códigos de barras para determinar quién compró qué. Sus tres artículos terminan en un tobogán de 3 pies de ancho uno de varios miles y se colocan en una caja de cartón con un nuevo código de barras que identifica su orden. La recolección se hace en cierta secuencia a fin de reducir el viaje del operario.

6. Cualquier regalo que usted haya elegido se envuelve a mano. Amazon capacita a un grupo élite de envolvedores de regalos, cada uno de los cuales envuelve 30 paquetes por hora.



◀ **7. La caja se empaca, envuelve, pesa y etiqueta antes de salir del almacén en un camión.** La planta de Coffeyville fue diseñada para embarcar hasta 200,000 piezas por día. Alrededor del 60% de los pedidos se envía por el servicio postal de Estados Unidos; casi todo lo demás se manda por United Parcel Service.

8. Su pedido llega hasta la puerta de su casa. El pedido se entrega en el transcurso de una semana.

Inversión en inventario: el activo más grande de su compañía.

Como Amazon.com lo sabe bien, el inventario es uno de los activos más costosos de muchas compañías, llega a representar hasta un 50% del capital total invertido. Los administradores de operaciones de todo el mundo reconocen que la buena administración del inventario es crucial. Por un lado, una empresa puede reducir sus costos al disminuir el inventario; por el otro, la falta de un artículo puede detener la producción y dejar insatisfechos a los clientes. *El objetivo de la administración de inventarios es encontrar un equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente.* Sin un inventario bien administrado nunca se podrá lograr una estrategia de bajo costo.

Todas las organizaciones tienen algún tipo de sistema para planear y controlar su inventario. Un banco tiene métodos para controlar su inventario de dinero en efectivo. Un hospital tiene métodos para controlar el inventario de sangre y productos farmacéuticos. Las oficinas de gobierno, las escuelas y, por supuesto, casi toda organización de manufactura y producción se preocupan por la planeación y el control del inventario.

En los casos de productos físicos, la organización debe elegir entre producir los bienes o comprarlos. Una vez tomada esta decisión, el siguiente paso es pronosticar la demanda, tal como se analizó en el capítulo 4. Entonces los administradores de operaciones determinan el inventario necesario para atender dicha demanda. En este capítulo analizamos las funciones, los tipos y la administración de inventarios. Después abordamos dos aspectos básicos del inventario: cuánto y cuándo ordenar.

FUNCIONES DEL INVENTARIO

El inventario puede dar servicio a varias funciones que agregan flexibilidad a las operaciones de una empresa. Las cuatro funciones del inventario son:

1. “Desunir” o separar varias partes del proceso de producción. Por ejemplo, si los suministros de una empresa fluctúan, quizá sea necesario un inventario adicional para desunir los procesos de producción de los proveedores.
2. Separar a la empresa de las fluctuaciones en la demanda y proporcionar un inventario de bienes que ofrezca variedad a los clientes. Tales inventarios son típicos de los establecimientos minoristas.
3. Tomar ventaja de los descuentos por cantidad, porque las compras en grandes cantidades pueden reducir el costo de los bienes y su entrega.
4. Protegerse contra la inflación y los cambios a la alza en los precios.

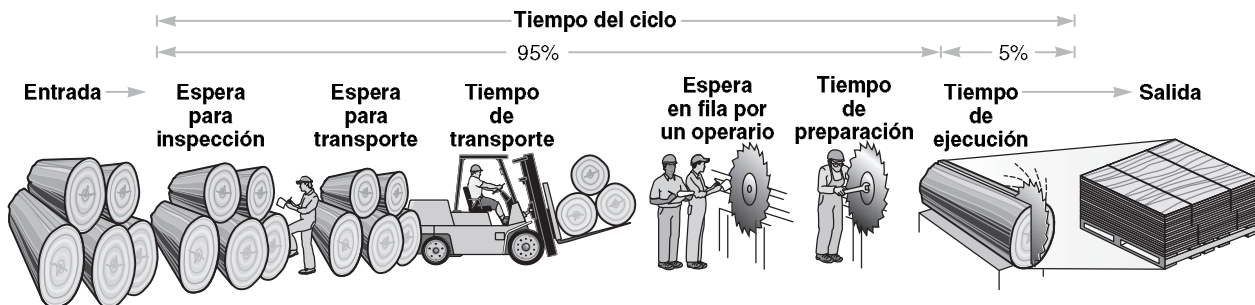
Tipos de inventario

A fin de cumplir con las funciones del inventario, las empresas mantienen cuatro tipos de inventario: (1) inventario de materias primas; (2) inventario de trabajo en proceso; (3) inventario para mantenimiento, reparación y operaciones (MRO), y (4) inventario de productos terminados.

El **inventario de materias primas** se compró, pero no se ha procesado. Este inventario se puede usar para desunir (es decir, separar) a los proveedores del proceso de producción. Sin embargo, el enfoque preferido consiste en eliminar la variabilidad en cantidad, en calidad o en tiempo de entrega por parte del proveedor, así que la separación no es necesaria. El **WIP (Work In Process; inventario de trabajo en proceso)** es de componentes o materias primas que han sufrido ciertos cambios pero no están terminados. El WIP existe por el tiempo requerido para hacer un producto (llamado *tiempo del ciclo*). Reducir el tiempo del ciclo disminuye el inventario. Con frecuencia esta tarea no es difícil: durante la mayor parte del tiempo en que un producto “se hace”, en realidad está ocioso. Como se muestra en la figura 12.1, el tiempo de trabajo real o tiempo “de corrida” es una pequeña porción del tiempo de flujo del material, quizá tan sólo del 5 por ciento.

▼ **Figura 12.1** Ciclo de flujo del material

La mayor parte del tiempo que el trabajo está en proceso (un 95% del tiempo del ciclo) no es tiempo productivo.



Inventario de materias primas

Materiales que usualmente se compran pero aún deben entrar al proceso de manufactura.

Inventario de trabajo en proceso (WIP)

Productos o componentes que ya no son materia prima pero todavía deben transformarse en productos terminados.

Los **MRO** son inventarios dedicados a suministros de **mantenimiento, reparación y operaciones** necesarios para mantener productivos la maquinaria y los procesos. Estos inventarios existen porque no se conocen la necesidad y los tiempos de mantenimiento y reparación de algunos equipos. Aunque la demanda del inventario MRO suele ser una función de los programas de mantenimiento, es necesario anticipar las demandas no programadas de MRO. El **inventario de bienes terminados** está constituido por productos completados que esperan su embarque. Los bienes terminados pueden entrar en inventario por no conocer las demandas futuras del cliente.

MRO

Materiales para mantenimiento, reparación y operaciones.

Inventario de bienes terminados

Artículos finales listos para venderse, pero que todavía son activos en los libros de la compañía.

ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

Los administradores de operaciones establecen sistemas para el manejo de inventarios. En esta sección analizamos brevemente dos ingredientes de tales sistemas: (1) cómo se pueden clasificar los artículos del inventario (el llamado *análisis ABC*), y (2) cómo se pueden mantener registros precisos del inventario. Después se estudiará el control de inventarios en el sector servicios.

Análisis ABC

El **análisis ABC** divide el inventario disponible en tres clases con base en su volumen anual en dinero. El análisis ABC es una aplicación a los inventarios de lo que se conoce como *principio de Pareto*. El principio de Pareto establece que hay “pocos artículos cruciales y muchos triviales”.¹ La idea es establecer políticas de inventarios que centren sus recursos en las *pocas partes cruciales* del inventario y no en las muchas partes triviales. No es realista monitorear los artículos baratos con la misma intensidad que a los artículos costosos.

A fin de determinar el volumen anual en dinero para el análisis ABC, se mide la *demanda anual* de cada artículo del inventario y se le multiplica por el *costo por unidad*. Los artículos de *clase A* son aquellos que tienen un alto volumen anual en dinero. Aunque estos artículos pueden constituir sólo un 15% de todos los artículos del inventario, representarían entre el 70% y el 80% del uso total en dinero. Los artículos del inventario de *clase B* tienen un volumen anual en dinero intermedio. Estos artículos representan alrededor del 30% de todo el inventario y entre un 15% y un 25% del valor total. Por último, los artículos de bajo volumen anual en dinero pertenecen a la *clase C* y pueden representar sólo un 5% de tal volumen pero casi el 55% de los artículos en inventario.

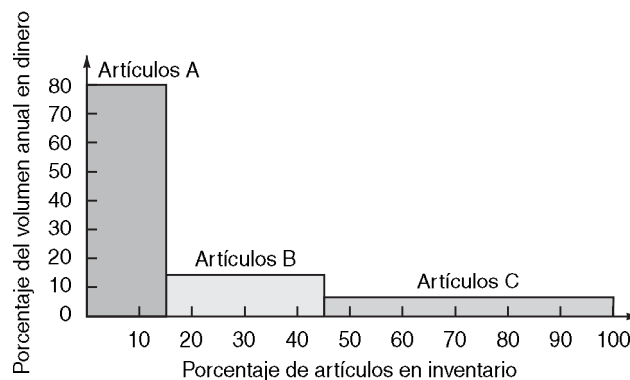
En una forma gráfica, el inventario de muchas organizaciones podría aparecer como se ilustra en la figura 12.2. En el ejemplo 1 se presenta la manera en que se usa el análisis ABC.

Análisis ABC

Método para dividir el inventario disponible en tres clases con base en el volumen anual en dinero.

Objetivo de aprendizaje

- 1. Realizar un análisis ABC



◀ **Figura 12.2**

Representación gráfica del análisis ABC

Silicon Chips, Inc., fabricante de los rapidísimos chips DRAM, quiere clasificar sus 10 artículos de inventario más importantes usando el análisis ABC.

Método: El análisis ABC organiza los artículos de acuerdo con su volumen anual en dinero. En la siguiente página (columnas 1 a 4) se ilustran los 10 artículos (identificados por número de inventario), sus demandas anuales y costos unitarios.

Solución: El volumen anual en dinero se calcula en la columna 5, junto con el porcentaje del total representado en la columna 6. En la columna 7 se agrupan los 10 artículos en las categorías A, B y C.

EJEMPLO 1

Análisis ABC para un fabricante de chips

¹En honor de Vilfredo Pareto, economista italiano del siglo XIX.



Datos para Excel OM,
FileCh12Ex1.xls

Cálculo ABC

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Número de artículos en inventario	Porcentaje del número de artículos almacenados	Volumen anual (unidades)	× Costo unitario	= Volumen anual en dinero	Porcentaje del volumen anual en dinero	Clase
#10286	} 20%	1,000	\$ 90.00	\$ 90,000	38.8%	} 72% A
#11526		500	154.00	77,000	33.2%	
#12760	} 30%	1,550	17.00	26,350	11.3%	} 23% B
#10867		350	42.86	15,001	6.4%	
#10500		1,000	12.50	12,500	5.4%	
#12572	} 50%	600	14.17	8,502	3.7%	} 5% C
#14075		2,000	.60	1,200	.5%	
#01036		100	8.50	850	.4%	
#01307		1,200	.42	504	.2%	
#10572		250	.60	150	.1%	
		8,550		\$232,057	100.0%	

Razonamiento: El desglose en las categorías A, B y C no es una regla rígida. El objetivo es sólo tratar de separar lo “importante” de lo “no importante”.

Ejercicio de aprendizaje: El costo unitario para el artículo #10286 aumentó de \$90.00 a \$120.00. ¿Cómo impacta esto al análisis ABC? [Respuesta: El volumen anual en dinero se incrementa en \$30,000, hasta \$262,057, y ahora los dos artículos A comprenden el 75% de esa cantidad].

Problemas relacionados: 12.1, 12.2, 12.3

La mayor parte de los sistemas de administración de inventarios automatizados incluyen el análisis ABC.

Los criterios distintos al volumen anual en dinero pueden determinar la clasificación de artículos. Por ejemplo, cambios anticipados de ingeniería, problemas de entrega, problemas de calidad o el alto costo unitario pueden señalar la necesidad de cambiar los artículos a una clasificación más alta. La ventaja de dividir los artículos del inventario en clases es que permite establecer políticas y controles para cada clase.

Las políticas que pueden basarse en el análisis ABC incluyen:

1. Los recursos de compras que se dedican al desarrollo de proveedores deben ser mucho mayores para los artículos A que para los artículos C.
2. Los artículos A, a diferencia de los B y C, deben tener un control físico más estricto; quizá deban colocarse en áreas más seguras y tal vez la exactitud de sus registros en inventario deba ser verificada con más frecuencia.
3. El pronóstico de los artículos A merece más cuidado que el de los otros artículos.

Mejores pronósticos, control físico, confiabilidad en el proveedor y, finalmente, una reducción en los inventarios de seguridad pueden ser el resultado de políticas de administración de inventarios adecuadas. El análisis ABC guía el desarrollo de estas políticas.

Exactitud en los registros

Las buenas políticas de inventarios pierden sentido si la administración no sabe qué hay disponible en su inventario. La exactitud de los registros permite a las organizaciones enfocarse en aquellos artículos que son más necesarios, en vez de tener la seguridad de que “algo de todo” está en inventario. Sólo cuando la organización puede determinar con exactitud qué está disponible es capaz de tomar decisiones concretas acerca de pedidos, programación y embarque.

Para asegurar la precisión, el registro de entradas y salidas debe ser bueno, así como debe serlo también la seguridad del almacén. Un almacén bien organizado tendrá acceso limitado, buen mantenimiento, y áreas de almacenamiento para alojar cantidades fijas de inventario. Los cajones, los espacios en anaqueles y las partes se etiquetarán con exactitud. El enfoque de la Marina de Estados Unidos para mejorar la exactitud de sus registros de inventario se analiza en el recuadro de *AO en acción* “Lo que la Marina aprendió de Wal-Mart sobre los inventarios”.



Video 12.1

Control de inventarios en
Wheeled Coach Ambulance

AO en acción

Lo que la Marina aprendió de Wal-Mart sobre los inventarios

La Marina de Estados Unidos sabía que tenía problemas de inventario. Hace unos años, cuando un soldado destacado en Camp Pendleton, cerca de San Diego, hizo el pedido de una refacción, tuvo que esperar una semana para obtenerla desde el almacén ubicado en la propia base pero en el lado opuesto al área de este soldado. Peor aún, la fuerza tenía 207 sistemas de cómputo en todo el mundo. Llamados "nidos de ratas" por los técnicos, la mayoría de los sistemas ni siquiera se comunicaban entre sí.

Para lograr una victoria sobre los descontrolados inventarios, la Marina estudió los sistemas de Wal-Mart, Caterpillar y UPS. "Estamos en medio de una revolución", dice el general Gary McKissock. McKissock quiere reducir a la mitad el inventario para la Marina, ahorrar 200 millones de dólares y trasladar a 2,000 soldados de las tareas de inventario al campo de batalla.

Al reemplazar el inventario con información, la Marina no tendrá que acumular toneladas de suministros cerca

del campo de batalla, como lo hizo durante la Guerra del Golfo, sólo para darse cuenta de que era imposible saber qué había en cada contenedor. Entonces la política de la Marina consistía en solicitar productos de todo tipo suficientes para 60 días. McKissock se percató de que no había necesidad de tener exceso de inventario de productos de consumo, como artículos de oficina que pueden conseguirse en cualquier lugar. Y con la asesoría del sector privado, la Marina ha actualizado sus almacenes agregando escáneres inalámbricos para el seguimiento y la ubicación de inventarios en tiempo real. Actualmente, si es necesario enviar contenedores a la zona de guerra, ya cuentan con identificadores de radiofrecuencia que, al leerse con el escáner, se vinculan con una base de datos que detalla lo que hay dentro.

Fuentes: *Modern Materials Handling* (agosto de 2005): 24-25; y *Business Week* (24 de diciembre de 2001): 24.

Conteo cíclico

Aunque una organización haya realizado esfuerzos sustanciales para registrar con precisión su inventario, los registros deben verificarse mediante una auditoría continua. Tales auditorías se conocen como **conteo cíclico**. Históricamente, muchas empresas realizaban inventarios físicos anuales. Esta práctica solía significar el cierre temporal de las instalaciones y que personas sin experiencia contaran partes y materiales. En vez de esto, los registros del inventario deben verificarse con una comprobación del ciclo. El conteo cíclico usa la clasificación del inventario desarrollada en el análisis ABC. Con los procedimientos de conteo cíclico, se cuentan los artículos, se verifican los registros, y se documentan las imprecisiones de manera periódica. Se rastrea la causa de las imprecisiones y se toman las acciones correctivas apropiadas para asegurar la integridad del sistema de inventario. Los artículos A se cuentan con frecuencia, quizá una vez al mes; los artículos B se cuentan con menos frecuencia, tal vez cada trimestre; y los artículos C se cuentan probablemente una vez cada seis meses. En el ejemplo 2 se ilustra cómo calcular el número de artículos de cada clasificación que debe contarse cada día.

Conteo cíclico

Conciliación continua del inventario y los registros de inventario.

Objetivo de aprendizaje

2. Explicar y usar el conteo cíclico



◀ En John Deere, dos trabajadores surten pedidos de 3,000 partes mediante un sistema de carrusel con seis puestos y usando un sofisticado sistema computacional. La computadora ahorra tiempo en la búsqueda de partes y le da velocidad a los pedidos a través de millas de almacenamiento en anaquel. Mientras un trabajador toma una parte de un carrusel, la computadora envía la siguiente solicitud para el carrusel adyacente.

Cole's Trucks, Inc., un fabricante de camiones de alta calidad para basura, tiene en inventario cerca de 5,000 artículos. Desea determinar cuántos artículos debe contar cada día.

Método: Después de contratar durante el verano a Matt Clark, un brillante y joven estudiante de AO, la compañía determinó que tiene 500 artículos A; 1,750 artículos B, y 2,750 artículos C. La política de la compañía es contar todos los artículos A cada mes (cada 20 días de trabajo), todos los artículos B cada trimestre (cada 60 días de trabajo), y todos los artículos C cada 6 meses (cada 120 días de trabajo). Después la compañía asigna algunos artículos que deben contarse diariamente.

EJEMPLO 2

Conteo cíclico en una fábrica de camiones

Solución:

Clase de artículo	Cantidad	Política de conteo cíclico	Número de artículos contados por día
A	500	Cada mes (20 días de trabajo)	$500/20 = 25/\text{día}$
B	1,750	Cada trimestre (60 días de trabajo)	$1,750/60 \cong 29/\text{día}$
C	2,750	Cada seis meses (120 días de trabajo)	$2,750/120 = 23/\text{día}$
			<u>77/día</u>

Se cuentan 77 artículos cada día.

Razonamiento: Esta auditoría diaria de 77 artículos es mucho más eficiente y precisa que la realización de un conteo masivo una vez al año.

Ejercicio de aprendizaje: Cole’s reclasifica algunos artículos B y C de manera que ahora son 1,500 artículos B y 3,000 artículos C. ¿Cómo cambia esto el conteo cíclico? [Respuesta: Tanto B como C cambian a 25 artículos cada uno por día, para un total de 75 artículos diarios].

Problema relacionado: 12.4

En el ejemplo 2, los artículos particulares contados en el ciclo se pueden seleccionar de manera secuencial o aleatoria. Otra posibilidad es realizar el conteo cíclico cada vez que se reordena.

El conteo cíclico también tiene las siguientes ventajas:

1. Elimina la detención y la interrupción de la producción necesarias para efectuar el inventario físico anual.
2. Elimina los ajustes anuales del inventario.
3. Personal capacitado audita la precisión del inventario.
4. Permite identificar las causas de error y emprender acciones correctivas.
5. Mantiene registros exactos del inventario.

Control de inventarios para servicios

En los servicios, la administración de inventarios merece una consideración especial. Aunque podemos pensar que no hay inventario en el sector servicios de nuestra economía, esto no es siempre así. Por ejemplo, los negocios de venta al mayoreo y menudeo mantienen grandes inventarios, lo cual convierte a la administración de inventarios en un elemento crucial y a menudo en un factor de progreso para el administrador. Por ejemplo, en el caso de los negocios de servicio de comida, el control de inventarios marca la diferencia entre el éxito y el fracaso. Aún más, un inventario en tránsito u ocioso en un almacén significa pérdida de valor. De manera similar, el inventario dañado o robado antes de su venta también es una pérdida. En las tiendas al menudeo, el inventario por el que nadie se responsabiliza entre la recepción y la venta se conoce como **merma**. Las mermas ocurren por daños o robos, así como por documentación descuidada. El inventario robado también se conoce como **robo**. Una pérdida del 1% del inventario de una tienda al menudeo se considera buena, aunque en muchas tiendas de este tipo se tienen pérdidas que superan el 3%. Como el impacto en la rentabilidad es significativo, la precisión y el control del inventario son críticos. Entre las técnicas aplicables se incluyen las siguientes:

Merma

Inventario de tiendas al menudeo por el que nadie se responsabiliza entre la recepción y la venta.

Robo

Hurto en pequeñas cantidades.

► La distribuidora farmacéutica McKesson Corp., uno de los principales proveedores de materiales quirúrgicos para el hospital Arnold Palmer, hace un amplio uso de los lectores de códigos de barras para controlar el inventario de manera automática. El dispositivo que se encuentra en el brazo de la trabajadora del almacén combina un escáner, una computadora, y un radio de dos vías para verificar los pedidos. Con datos rápidos y precisos, los artículos se verifican con facilidad, lo que mejora la precisión de los inventarios y embarques.



1. *Buena selección de personal, capacitación y disciplina:* Nunca resultan fáciles de implementar, pero son muy necesarias en los servicios de comida y operaciones al menudeo y mayoreo, donde los empleados tienen acceso directo a las mercancías de consumo.
2. *Control estricto de los envíos entrantes:* Esta tarea es emprendida por muchas empresas mediante códigos de barras y sistemas de identificación de radiofrecuencia (RFID), que leen cada embarque entrante y verifican de manera automática los artículos contra los órdenes de compra. Cuando se diseñan adecuadamente, estos sistemas son difíciles de burlar. Cada artículo tiene su propia SKU (*Stock Keeping Unit*, unidad de conservación en inventario).
3. *Control efectivo de todos los bienes salientes de la instalación.* Este trabajo se realiza mediante códigos de barras impresos en todos los artículos del embarque, cintas magnéticas adheridas en mercancías, o por observación directa. La observación directa puede ser efectuada por el personal de vigilancia en las salidas (como en las tiendas mayoristas Costco y Sam's Club) y en las áreas con mayor potencial de pérdidas, o puede tomar la forma de espejos con visión en una sola dirección y vigilancia con video.

Un lector portátil puede escanear etiquetas de RFID, con lo que se agrega control de los embarques entrantes y salientes.



El éxito de la operación de ventas al menudeo requiere un buen control al nivel de la tienda con inventarios precisos en el lugar adecuado. Un estudio reciente reveló que en una de las tiendas más importantes de Estados Unidos, ni clientes ni encargados podían encontrar el 16% de los artículos no porque los artículos estuvieran agotados, sino porque estaban fuera de su lugar (en un cuarto trasero, un área de depósito o el pasillo incorrecto). Según estimaciones de los investigadores, las tiendas pierden entre un 10% y un 25% de sus utilidades globales por errores o imprecisiones en sus registros de inventario.²

MODELOS DE INVENTARIO

A continuación examinamos una variedad de modelos de inventario y sus costos asociados.

Demanda independiente contra dependiente

Los modelos para el control de inventarios suponen que la demanda de un artículo es independiente o dependiente de la demanda de otros artículos. Por ejemplo, la demanda de refrigeradores es *independiente* de la demanda de hornos eléctricos. Sin embargo, la demanda de componentes para hornos eléctricos es *dependiente* de los requerimientos de hornos eléctricos.

Este capítulo se enfoca en la administración de inventarios donde la demanda es *independiente*. En el capítulo 14 se estudia la administración de la demanda *dependiente*.



◀ Incluso para una compañía que administra sus inventarios mejor que muchos, Amazon se vio sorprendido por los costos de almacenamiento del libro más reciente de Harry Potter. Con productos populares y estacionalidades que causan vaivenes en la demanda, los minoristas y proveedores suelen confiar en grandes inventarios. Los almacenes llenos en noviembre, en preparación para la temporada navideña, pueden significar enormes costos por mantener inventarios.

²Vea E. Malykhina, "Retailers Take Stock", *Information Week* (7 de febrero de 2005): 20-22, y A. Raman, N. DeHoratius y Z. Ton, "Execution: The Missing Link in Retail Operations", *California Management Review* 43, núm. 3 (primavera de 2001): 136-141.

► **Tabla 12.1****Determinación de los costos de mantener inventarios**

Categoría	Costo (y rango) como porcentaje del valor del inventario
Costos de edificio (renta o depreciación del edificio, costos de operación, impuestos, seguros)	6% (3–10%)
Costo por manejo de materiales (renta o depreciación del equipo, energía, costo de operación)	3% (1–3.5%)
Costo por mano de obra (recepción, almacenamiento, seguridad)	3% (3–5%)
Costo de inversión (costos de préstamos, impuestos y seguros del inventario)	11% (6–24%)
Robo, daño y obsolescencia (mucho más en industrias de cambio rápido como las computadoras personales y los teléfonos celulares)	3% (2–5%)
Costos globales por manejo	26%

Nota: Todas las cifras son aproximadas, puesto que varían en forma considerable según la naturaleza del negocio, su ubicación y las tasas de interés vigentes. Cualquier costo de mantener el inventario menor al 15% es dudoso, porque los costos anuales de mantener el inventario a menudo se acercan al 40% del valor del inventario y aún más en industrias de alta tecnología y moda.

Costos de mantener, ordenar y preparar inventarios

Los **costos de mantener inventarios** son los costos asociados con guardar o “llevar” el inventario a través del tiempo. Por lo tanto, los costos de mantener inventario también incluyen obsolescencia y otros costos relacionados con el almacenamiento, como seguros, personal adicional y pago de intereses. En la tabla 12.1 se muestran los tipos de costos que deben evaluarse para determinar los costos de mantener inventario. Muchas empresas no incluyen todos los costos de mantener inventarios; en consecuencia, es común que se subestimen.

El **costo de ordenar** incluye costos de suministros, formatos, procesamiento de pedidos, personal de apoyo, etc. Cuando los pedidos se van a fabricar, también existen costos por ordenar, pero éstos son parte de lo que se conoce como costos de preparación. El **costo de preparación** es el que se refiere a preparar una máquina o un proceso para realizar la manufactura de un producto. El costo de preparación incluye la mano de obra y el tiempo necesarios para limpiar y cambiar herramientas o contenedores. Los administradores de operaciones reducen los costos de ordenar disminuyendo los costos de preparación y usando procedimientos eficientes como los procedimientos electrónicos de orden y pago.

En muchos entornos, el costo de preparación tiene una correlación alta con el **tiempo de preparación**. Por lo general, las preparaciones de maquinaria requieren una gran cantidad de trabajo antes de que la preparación se realice efectivamente en el centro de trabajo. Con la planeación adecuada, gran parte del trabajo requerido para la preparación se haría antes de detener la operación de una máquina o un proceso. Así, los tiempos de preparación se pueden reducir en forma sustancial. Los más creativos fabricantes de clase mundial han logrado disminuir a menos de un minuto el tiempo de preparación de máquinas y procesos que tradicionalmente tomaba horas. Como veremos en este capítulo, la reducción de los tiempos de preparación es una excelente manera de disminuir la inversión en almacenes y mejorar la productividad.

MODELOS DE INVENTARIO PARA DEMANDA INDEPENDIENTE

En esta sección presentamos tres modelos de inventario que se enfocan en dos preguntas importantes: *cuándo ordenar* y *cuánto ordenar*. Estos modelos de demanda *independiente* son:

1. Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ)
2. Modelo de la cantidad económica a producir
3. Modelo de descuentos por cantidad

Modelo básico de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

El **EOQ** (*Economic Order Quantity*, **modelo de la cantidad económica a ordenar**) es una de las técnicas más antiguas y conocidas que se utilizan para el control de inventarios.³ Esta técnica es relativamente fácil de usar y se basa en varios supuestos:

1. La demanda es conocida, constante e independiente
2. El tiempo de entrega es decir, el tiempo entre colocar y recibir la orden se conoce y es constante
3. La recepción del inventario es instantánea y completa. En otras palabras, el inventario de una orden llega en un lote al mismo tiempo
4. Los descuentos por cantidad no son posibles

³La investigación sobre el modelo EOQ data de 1915; vea Ford W. Harris, *Operations and Cost* (Chicago: A. W. Shaw, 1915).

Costo de mantener inventarios

Costo de guardar o llevar artículos en inventario.

Costo de ordenar

Costo del proceso de hacer el pedido.

Costo de preparación

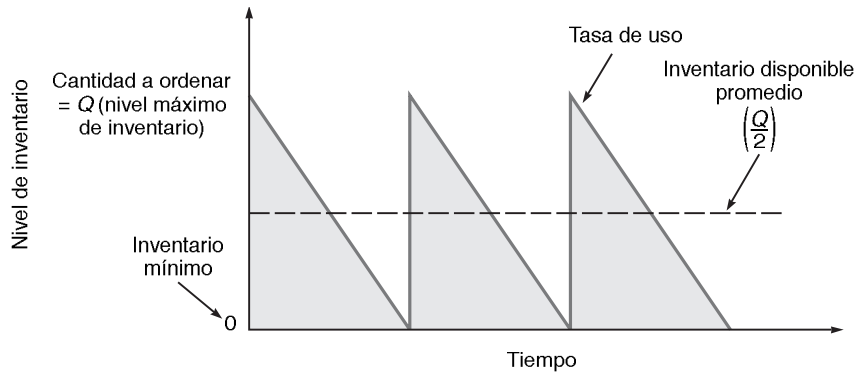
Costo de preparar una máquina o un proceso para realizar la producción.

Tiempo de preparación

Tiempo necesario para preparar una máquina o un proceso para efectuar la producción.

Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ)

Técnica para el control de inventarios que minimiza los costos totales de ordenar y mantener.



◀ **Figura 12.3**
Uso del inventario a través del tiempo

5. Los únicos costos variables son el costo de preparar o colocar una orden (costo de preparación) y el costo de mantener o almacenar inventarios a través del tiempo (costo de mantener o llevar). Estos costos se analizaron en la sección anterior.
6. Los faltantes (inexistencia) se evitan por completo si las órdenes se colocan en el momento correcto.

Con estos supuestos, la gráfica de uso del inventario a través del tiempo tiene forma de diente de sierra, como se ilustra en la figura 12.3. En esta figura, Q representa la cantidad que se ordena. Si se trata de 500 vestidos, los 500 vestidos llegan al mismo tiempo (cuando se recibe la orden). Por lo tanto, el nivel de inventario salta de 0 a 500 vestidos. En general, cuando llega una orden el nivel de inventario aumenta de 0 a Q unidades.

Debido a que la demanda es constante a través del tiempo, el inventario disminuye a una tasa constante en el tiempo. (Vea las rectas inclinadas de la figura 12.3). Cada vez que el nivel del inventario llega a 0, se coloca y recibe una nueva orden, y el nivel del inventario se eleva de nuevo a Q unidades (representado por las rectas verticales). Este proceso continúa en forma indefinida a través del tiempo.

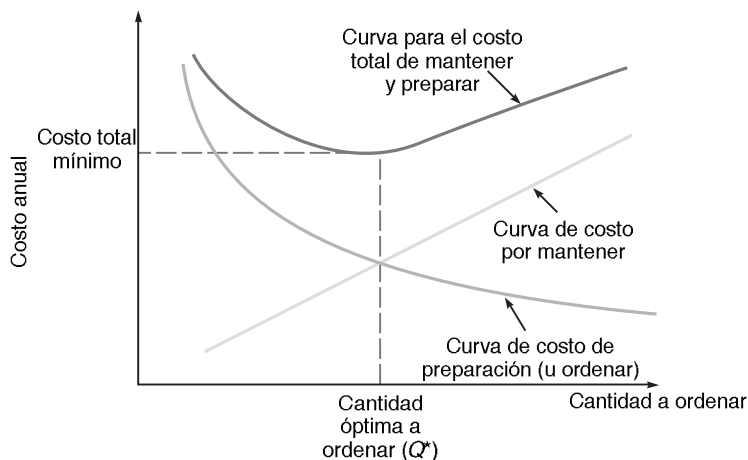
Objetivo de aprendizaje

3. Explicar y usar el modelo EOQ para inventarios con demanda independiente

Minimización de costos

El objetivo de la mayoría de los modelos de inventario es minimizar los costos totales. Con los supuestos que se acaban de dar, los costos significativos son el costo de preparación (u ordenar) y el costo de mantener (o llevar). Todos los demás costos, como el costo del inventario en sí, son constantes. De esta forma, si minimizamos la suma de los costos de preparar y mantener, también minimizaremos el costo total. Para ayudar a visualizar lo anterior, en la figura 12.4 graficamos los costos totales como función de la cantidad a ordenar, Q . El tamaño óptimo del lote, Q^* , será la cantidad que minimice los costos totales. Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de órdenes colocadas por año. Entonces, si la cantidad ordenada se incrementa, el costo anual de preparar u ordenar disminuye. Pero si aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener también aumenta debido a que se mantiene un inventario promedio mayor.

Como se puede observar en la figura 12.4, una reducción de los costos de mantener o preparar reducirá la curva de costo total. Una reducción en la curva del costo de preparación también reduce la cantidad óptima a ordenar (tamaño del lote). Además, los lotes de menor tamaño tienen un impacto



◀ **Figura 12.4**
Costo total como función de la cantidad a ordenar

positivo en la calidad y la flexibilidad de producción. En Toshiba, el conglomerado japonés que vale cuarenta mil millones de dólares, los modelos pueden cambiar aunque los trabajadores sólo hayan fabricado diez computadoras portátiles de un modelo. Esta flexibilidad en el tamaño del lote ha permitido a Toshiba moverse hacia un sistema de personalización masiva con “construcción por pedido”, lo cual es una habilidad importante en una industria con ciclos de vida del producto que se miden en meses y no en años.

En la figura 12.4 se puede observar que la cantidad óptima a ordenar aparece en el punto donde la curva del costo por ordenar se cruza con la curva del costo de mantener el inventario. Esto no ocurrió así por casualidad. Con el modelo EOQ, la cantidad óptima a ordenar aparecerá en el punto donde el costo total de preparación es igual al costo total de mantener.⁴ Usaremos este hecho para desarrollar las ecuaciones que proporcionan directamente el valor de Q^* . Los pasos necesarios son:

1. Desarrollar una expresión para el costo de preparación o costo por ordenar.
2. Desarrollar una expresión para el costo de mantener.
3. Establecer el costo de preparación igual al costo de mantener.
4. Resolver la ecuación para la cantidad óptima a ordenar.

Usando las siguientes variables, podemos determinar los costos de ordenar y mantener y despejar Q^* :

$$\begin{aligned} Q &= \text{Número de unidades por orden} \\ Q^* &= \text{Número óptimo de unidades a ordenar (EOQ)} \\ D &= \text{Demanda anual en unidades para el artículo en inventario} \\ S &= \text{Costo de ordenar o de preparación para cada orden} \\ H &= \text{Costo de mantener o llevar inventario por unidad por año} \end{aligned}$$

1. Costo anual de preparación = (Número de órdenes colocadas por año) \times (Costo de preparación u ordenar por orden)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\text{Demanda anual}}{\text{Número de unidades en cada orden}} \right) (\text{Costo de preparación u ordenar por orden}) \\ &= \left(\frac{D}{Q} \right) (S) = \frac{D}{Q} S \end{aligned}$$

2. Costo anual de mantener = (Nivel de inventario promedio) \times (Costo de mantener por unidad por año)

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\text{Cantidad a ordenar}}{2} \right) (\text{Costo de mantener por unidad por año}) \\ &= \left(\frac{Q}{2} \right) (H) = \frac{Q}{2} H \end{aligned}$$

3. La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo anual de preparación es igual al costo anual de mantener; a saber:

$$\frac{D}{Q} S = \frac{Q}{2} H$$

4. Para despejar Q^* , simplemente se multiplican en forma cruzada los términos y se despeja Q en el lado izquierdo de la igualdad.

$$\begin{aligned} 2DS &= Q^2 H \\ Q^2 &= \frac{2DS}{H} \\ Q^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H}} \end{aligned} \tag{12-1}$$

Ahora que se ha obtenido la ecuación para la cantidad óptima a ordenar, Q^* , es posible resolver directamente los problemas de inventario, como en el ejemplo 3.

⁴Este es el caso cuando los costos de mantener son lineales y parten del origen es decir, cuando los costos de inventario no disminuyen (o aumentan) conforme aumenta el volumen del inventario y todos los costos de mantener sufren incrementos pequeños. Además, probablemente exista cierto aprendizaje cada vez que se ejecuta una preparación (o una orden) un hecho que disminuye los costos subsecuentes de preparación. En consecuencia, es probable que el modelo EOQ sea un caso especial. No obstante, aceptamos el conocimiento convencional de que este modelo es una aproximación razonable.

A Sharp, Inc., una compañía que comercializa agujas hipodérmicas indoloras para los hospitales, le gustaría reducir su costo de inventario al determinar el número óptimo de agujas hipodérmicas que debe solicitar en cada orden.

Método: Su demanda anual es de 1,000 unidades; el costo de preparar u ordenar es de \$10 por orden, y el costo anual de mantener por unidad es de \$.50.

Solución: Usando estas cifras, podemos calcular el número óptimo de unidades por orden:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{0.50}} = \sqrt{40,000} = 200 \text{ unidades}$$

Razonamiento: Ahora Sharp, Inc., sabe cuántas agujas pedir por orden. La compañía también tiene una base para determinar los costos de ordenar y mantener para este artículo, así como el número de órdenes que serán procesadas por los departamentos de recepción e inventario.

Ejercicio de aprendizaje: Si D aumenta a 1,200 unidades, ¿cuál es la nueva Q^* ? [Respuesta: $Q^* = 219$ unidades].

Problemas relacionados: 12.5, 12.6, 12.7, 12.8, 12.9, 12.12, 12.13, 12.15, 12.36, 12.38

También podemos determinar el número esperado de órdenes colocadas durante el año (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) como sigue:

$$\text{Número esperado de órdenes} = N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*} \quad (12-2)$$

$$\text{Tiempo esperado entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{N} \quad (12-3)$$

En el ejemplo 4 se ilustra este concepto.

Sharp, Inc. (presentada en el ejemplo 3), tiene un año de 250 días hábiles y desea encontrar el número de órdenes (N) y el tiempo esperado entre órdenes (T) para este periodo.

Método: Usando las ecuaciones (12-2) y (12-3), Sharp introduce los datos dados en el ejemplo 3.

Solución:

$$N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}}$$

$$= \frac{1,000}{200} = 5 \text{ órdenes por año}$$

$$T = \frac{\text{Número de días de trabajo por año}}{\text{Número esperado de órdenes}}$$

$$= \frac{250 \text{ días de trabajo por año}}{5 \text{ órdenes}} = 50 \text{ días entre órdenes}$$

Razonamiento: Ahora la compañía no sólo sabe cuántas agujas pedir por orden, sino también que el tiempo entre órdenes es de 50 días y que hay cinco órdenes por año.

Ejercicio de aprendizaje: Si $D = 1,200$ unidades en vez de 1,000, determine N y T . [Respuesta: $N \cong 5.48$, $T = 45.62$].

Problemas relacionados: 12.12, 12.13, 12.15

Como ya se mencionó en esta sección, el costo variable anual total del inventario es la suma de los costos de preparación y los costos de mantener:

$$\text{Costo total anual} = \text{Costo de preparación (ordenar)} + \text{Costo de mantener} \quad (12-4)$$

En términos de las variables del modelo, el costo total TC se expresa como:

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{Q}H \quad (12-5)$$

En el ejemplo 5 se muestra cómo usar esta fórmula.

EJEMPLO 3

Determinación del tamaño de orden óptimo en Sharp, Inc.



Archivo de datos
para Excel OM
Ch12Ex3.xls

EJEMPLO 4

Cálculo del número de órdenes y del tiempo entre órdenes en Sharp, Inc.



Modelo activo 12.1

Los ejemplos 3, 4 y 5 se ilustran con más detalle en el modelo activo 12.1 en su CD-ROM y en el ejercicio de la página 515.

► Esta tienda espera 4 semanas para recibir una orden de pantalones Levis 501 solicitada al fabricante. Si la tienda vende cada semana 10 pantalones Levis talla 30-32, el gerente podría preparar dos contenedores, mantener 40 pantalones en el segundo contenedor, y colocar una orden en cuanto el primero se vacíe. Éste sería un sistema de reorden de cantidad fija. Este sistema también se conoce como de "dos contenedores", y es ejemplo de un enfoque muy elemental pero efectivo en la administración de inventarios.



EJEMPLO 5

Cálculo del costo combinado de ordenar y mantener

Sharp, Inc. (ejemplos 3 y 4), quiere determinar el costo anual combinado de ordenar y mantener.

Método: Aplicamos la ecuación (12-5) usando los datos del ejemplo 3.

Solución:

$$\begin{aligned}
 TC &= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \\
 &= \frac{1,000}{200}(\$10) + \frac{200}{2}(\$.50) \\
 &= (5)(\$10) + (100)(\$.50) \\
 &= \$50 + 50 = \$100
 \end{aligned}$$

Razonamiento: Éstos son los costos anuales de preparar y mantener. Los \$100 del total no incluyen el costo real de los bienes. Observe que en el modelo EOQ, los costos de mantener siempre son iguales a los costos de preparación (ordenar).

Ejercicio de aprendizaje: Determine el costo anual total si $D = 1,200$ unidades en el ejemplo 3. [Respuesta: \$109.54].

Problemas relacionados: 12.9, 12.12, 12.13, 12.14, 12.38b,c

Los costos de inventario también se pueden expresar de manera que incluyan el costo real del material comprado. Si suponemos que la demanda anual y el precio por cada aguja hipodérmica son valores conocidos (por ejemplo, 1,000 agujas hipodérmicas por año a $P = \$10$) y que el costo anual total debe incluir el costo de la compra, entonces la ecuación (12-5) se convierte en:

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$$

Como los costos de material no dependen de una política de pedidos en particular, se incurre en un costo anual de materiales de $D \times P = (1,000)(\$10) = \$10,000$. (Más adelante en este capítulo analizamos el caso en que lo anterior tal vez no sea cierto es decir, cuando se dispone de un descuento por cantidad).⁵

⁵La fórmula para la cantidad económica a ordenar (Q^*) también se determina encontrando el mínimo de la curva del costo total (es decir, el lugar donde la pendiente de la curva del costo total es cero). Usando cálculo, igualamos a cero la derivada del costo total con respecto a Q^* .

Los cálculos para encontrar el mínimo de $TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$

$$\text{son } \frac{d(TC)}{dQ} = \left(\frac{-DS}{Q^2} \right) + \frac{H}{2} + 0 = 0$$

$$\text{Así que, } Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Modelo robusto Un beneficio del modelo EOQ es que es robusto. Por **robusto** entendemos que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros. Como hemos observado, a menudo es difícil determinar con precisión los costos de ordenar y mantener inventarios. En consecuencia, un modelo robusto resulta ventajoso. El costo total del EOQ cambia poco en las cercanías del mínimo. La curva es poco profunda. Esto significa que la variación en los costos de preparación, en los costos de mantener, en la demanda o incluso en el EOQ crea diferencias relativamente modestas en el costo total. En el ejemplo 6 se ilustra la robustez del modelo EOQ.

Robusto

Modelo que proporciona respuestas satisfactorias incluso con variaciones sustanciales en sus parámetros.

EJEMPLO 6

El EOQ es un modelo robusto

En los ejemplos de Sharp, Inc., la administración subestima la demanda total anual en un 50% (digamos que la demanda real es de 1,500 agujas en lugar de 1,000), pero usa la misma Q . ¿Cuál sería el impacto de este cambio sobre el costo anual del inventario?

Método: Resolveremos dos veces los costos anuales. Primero aplicaremos el EOQ erróneo; después volveremos a calcular los costos con el EOQ correcto.

Solución: El costo anual del inventario se incrementa sólo en \$25 (\$100 contra \$125) o un 25%. He aquí el por qué: si la demanda del ejemplo 5 es en realidad de 1,500 agujas en lugar de 1,000, pero la administración usa una cantidad a ordenar de $Q = 200$ (cuando debería ser $Q = 244.9$ con base en $D = 1,500$), la suma de los costos de mantener y ordenar se incrementa en un 25 por ciento.

$$\begin{aligned}\text{Costo anual} &= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \\ &= \frac{1,500}{200}(\$10) + \frac{200}{2}(\$0.50) \\ &= \$75 + \$50 = \$125\end{aligned}$$

Sin embargo, de haber sabido que la demanda era de 1,500 con un EOQ de 244.9 unidades, habríamos gastado \$122.47, como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}\text{Costo anual} &= \frac{1,500}{244.9}(\$10) + \frac{244.9}{2}(\$0.50) \\ &= 6.125(\$10) + 122.45(\$0.50) \\ &= \$61.25 + \$61.22 = \$122.47\end{aligned}$$

Razonamiento: Observe que el gasto de \$125.00, hecho con una estimación de la demanda sustancialmente incorrecta, es sólo un 2% (\$2.52/\$122.47) más alto del que se hubiera pagado de haber conocido la demanda real y ordenado según ésta. Observe también que, de no ser por el redondeo, los costos anuales de mantener y los costos de ordenar serían exactamente iguales.

Ejercicio de aprendizaje: La demanda en Sharp permanece en 1,000, H sigue siendo de \$0.50, y ordenamos 200 agujas cada vez (como en el ejemplo 5). Pero si el verdadero costo de ordenar es igual a $S = \$15$ (en vez de \$10), ¿cuál es el costo anual? [Respuesta: El costo anual por ordenar aumenta a \$75, y el costo anual de mantener permanece en \$50. Por lo tanto, el costo anual = \$125].

Problemas relacionados: 12.8b, 12.14

Podemos concluir que el modelo EOQ es, sin duda, robusto, y que los errores significativos no costarán mucho. Este atributo del modelo EOQ resulta muy conveniente debido a que nuestra capacidad para pronosticar con precisión la demanda, el costo de ordenar y el costo de mantener es limitada.

Puntos de reorden

Ahora que decidimos *cuánto ordenar*, analizamos la segunda pregunta del inventario, *cuándo ordenar*. Los modelos de inventario sencillos asumen que la recepción de la orden es instantánea. En otras palabras, suponen (1) que una empresa colocará una orden cuando el nivel de inventario de un artículo dado llegue a cero, y (2) que los artículos solicitados se recibirán de inmediato. Sin embargo, el tiempo que transcurre entre la colocación de la orden y su recepción, llamado **tiempo de entrega**, o tiempo de abastecimiento, toma desde unas cuantas horas hasta varios meses. Así, la decisión de

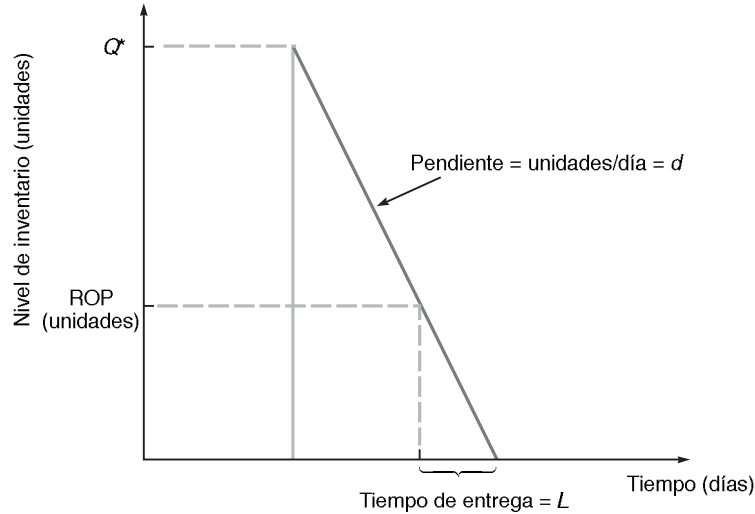
Tiempo de entrega

En los sistemas de compras, es el tiempo que transcurre entre colocar y recibir una orden; en los sistemas de producción, es el tiempo de espera, movimiento, cola, preparación y corrida para cada componente que se produce.

► **Figura 12.5**

Curva del punto de reorden (ROP)

Q^* es la cantidad óptima a ordenar, y el tiempo de entrega representa el tiempo que transcurre entre colocar y recibir la orden.



Punto de reorden (ROP)

Nivel (punto) de inventario en el cual se emprenden acciones para reabastecer el artículo almacenado.

cuándo ordenar suele expresarse en términos de un **ROP (Reorder Point, punto de reorden)** el nivel de inventario en el cual debe colocarse la orden (vea la figura 12.5).

El punto de reorden (ROP) se da como:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (\text{Demanda por día}) (\text{Tiempo de entrega de nueva orden en días}) \\ &= d \times L \end{aligned} \tag{12-6}$$

Esta ecuación del ROP *supone que la demanda durante el tiempo de entrega y el tiempo de entrega en sí son constantes*. Cuando no es así, es necesario agregar inventario adicional, a menudo llamado **inventario de seguridad**.

Inventario de seguridad

Inventario adicional agregado para satisfacer una demanda dispareja; es un amortiguador.

La demanda por día, d , se encuentra dividiendo la demanda anual, D , entre el número de días de trabajo al año:

$$d = \frac{D}{\text{Número de días hábiles en un año}}$$

El cálculo del punto de reorden se demuestra en el ejemplo 7.

EJEMPLO 7

Cálculo de puntos de reorden (ROP) para iPods

Un distribuidor de Apple tiene una demanda de 8,000 iPods al año. La compañía opera en años de 250 días de trabajo. En promedio, la entrega de una orden toma 3 días de trabajo. El distribuidor quiere calcular el punto de reorden.

Método: Calcular la demanda diaria y después aplicar la ecuación (12-6).

Solución:

$$\begin{aligned} d &= \frac{D}{\text{Número de días de trabajo en un año}} = \frac{8,000}{250} \\ &= 32 \text{ unidades} \\ \text{ROP} &= \text{Punto de reorden} = d \times L = 32 \text{ unidades por día} \times 3 \text{ días} \\ &= 96 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Razonamiento: Así, cuando el inventario de iPods caiga a 96 unidades, se debe colocar una orden. La orden llegará 3 días después, justo cuando las existencias del distribuidor se terminan.

Ejercicio de aprendizaje: Si sólo hay 200 días de trabajo al año, ¿cuál es el ROP correcto? [Respuesta: 120 iPods].

Problemas relacionados: 12.9d, 12.10, 12.11, 12.13f

Objetivo de aprendizaje

4. Calcular un punto de reorden y explicar el concepto de inventario de seguridad

El inventario de seguridad es especialmente importante para empresas cuya entrega de materias primas es muy poco confiable. Por ejemplo, San Miguel Corp., de Filipinas emplea cuajada de queso importada de Europa. Debido a que el modo normal de entrega es tardado y variable, el inventario de seguridad puede ser sustancial.

Modelo de la cantidad económica a producir

En el modelo de inventario que vimos previamente, se supone que la orden se recibe completa al mismo tiempo. Sin embargo, en ocasiones las empresas reciben el inventario durante el curso de algún periodo. Esos casos requieren un modelo distinto, que no necesite el supuesto de la entrega instantánea. Este modelo se aplica en dos circunstancias: (1) cuando el inventario fluye de manera continua o se acumula durante un periodo después de colocar una orden, y (2) cuando las unidades se producen y venden en forma simultánea. Bajo estas circunstancias se toman en cuenta la tasa de producción diaria (o flujo de inventario) y la tasa de demanda diaria. En la figura 12.6 se muestran los niveles de inventario en función del tiempo.

Dado que este modelo es especialmente adecuado para los entornos de producción, se conoce como el **modelo de la cantidad económica a producir**. Es útil cuando el inventario se acumula de manera continua en el tiempo y se cumplen los supuestos tradicionales de la cantidad económica a ordenar. Este modelo se obtiene igualando el costo de ordenar o preparar al costo de mantener y despejando el tamaño del lote óptimo, Q^* . Usando la siguiente simbología es posible determinar la expresión del costo anual de mantener inventario para la cantidad económica a producir:

- Q = número de unidades por orden
- H = Costo de mantener inventario por unidad por año
- p = Tasa de producción diaria
- d = Tasa de demanda diaria, o tasa de uso
- t = Longitud de la corrida de producción en días.

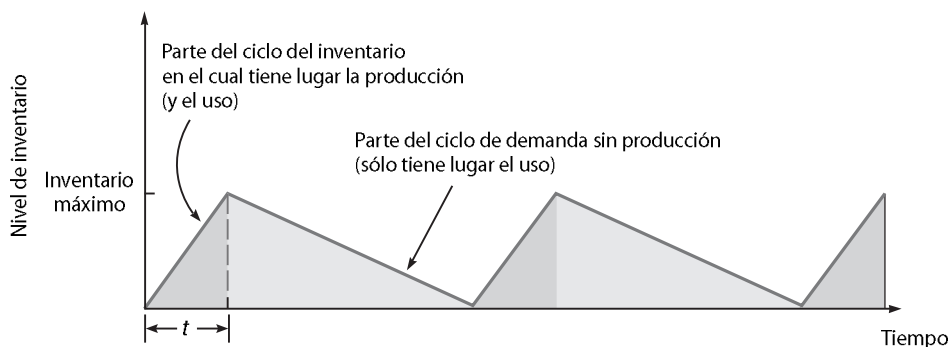
1. $\left(\begin{matrix} \text{Costo anual de mantener} \\ \text{inventarios} \end{matrix} \right) = (\text{Nivel de inventario promedio}) \times \left(\begin{matrix} \text{Costo de mantener} \\ \text{por unidad por año} \end{matrix} \right)$
2. $\left(\begin{matrix} \text{Nivel de inventario} \\ \text{promedio} \end{matrix} \right) = (\text{Nivel de inventario máximo})/2$
3. $\left(\begin{matrix} \text{Nivel de inventario} \\ \text{máximo} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} \text{Total producido durante la} \\ \text{corrida de producción} \end{matrix} \right) - \left(\begin{matrix} \text{Total usado durante la} \\ \text{corrida de producción} \end{matrix} \right) = pt - dt$

Sin embargo, Q = total producido = pt , y así $t = Q/p$. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Nivel de inventario máximo} &= p \left(\frac{Q}{p} \right) - d \left(\frac{Q}{p} \right) = Q - \frac{d}{p} Q \\ &= Q \left(1 - \frac{d}{p} \right) \end{aligned}$$

4. Costo anual de mantener inventarios (o simplemente costo de mantener) =

$$\frac{\text{Nivel de inventario máximo}}{2} (H) = \frac{Q}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right] H$$



Objetivo de aprendizaje
5. Aplicar el modelo de la cantidad económica a producir

Modelo de la cantidad económica a producir
Técnica para el lote económico a producir que se aplica a las órdenes de producción.

◀ **Figura 12.6**
Cambio en los niveles de inventario al paso del tiempo para el modelo de producción

► Cada orden puede requerir un cambio en la forma de preparar una máquina o un proceso. La reducción del tiempo de preparación suele significar una disminución en el costo de preparación; y las reducciones en los costos de preparación ocasionan lotes más pequeños y económicos a producir. Cada vez más, las preparaciones (y operaciones) se realizan con máquinas controladas por computadora que operan mediante programas escritos previamente.



Usando esta expresión para el costo de mantener y la expresión para el costo de preparación desarrollada en el modelo básico EOQ, se resuelve para el número óptimo de piezas por orden al igualar el costo de preparación con el costo de mantener:

$$\text{Costo de preparación} = (D/Q)S$$

$$\text{Costo de mantener} = \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)]$$

Se iguala el costo de ordenar con el costo de mantener para obtener Q_p :

$$\frac{D}{Q}S = \frac{1}{2}HQ[1 - (d/p)]$$

$$Q^2 = \frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}$$

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \quad (12-7)$$

En el ejemplo 8, usamos la ecuación anterior, Q_p^* , a fin de encontrar la cantidad de producción óptima cuando el inventario se consume mientras es producido.

EJEMPLO 8

Un modelo de cantidad económica a producir



Archivo de datos para Excel OM Ch12Ex8.xls

Nathan Manufacturing, Inc., produce y vende tapones especiales para el mercado de refacciones de automóviles. El pronóstico de Nathan para su tapón de rueda con alambre es de 1,000 unidades para el próximo año, con una demanda promedio de 4 unidades por día. Sin embargo, como el proceso de producción es más eficiente en 8 unidades por día, la compañía produce 8 unidades diarias pero sólo utiliza cuatro. La compañía quiere determinar el número óptimo de unidades por lote. (Nota: Esta planta programa la producción de los tapones sólo cuando se necesitan, el taller opera 250 días al año).

Método: Recopile los datos de costo y aplique la ecuación (12-7):

Demanda anual = $D = 1,000$ unidades

Costos de preparación = $S = \$10$

Costo de mantener = $H = \$0.50$ por unidad por año

Tasa de producción diaria = $p = 8$ unidades al día

Tasa de demanda diaria = $d = 4$ unidades diarias

Solución:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1-(d/p)]}}$$

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{0.50[1-(4/8)]}}$$

$$= \sqrt{\frac{20,000}{0.50(1/2)}} = \sqrt{80,000}$$

$$= 282.8 \text{ tapones, o } 283 \text{ tapones.}$$

Razonamiento: La diferencia entre el modelo de la cantidad económica a producir y el modelo EOQ básico es el costo anual de mantener inventarios, el cual se reduce en el modelo de la cantidad a producir.

Ejercicio de aprendizaje: Si Nathan puede incrementar su tasa de producción diaria de 8 a 10, ¿cómo cambia la Q_p^* ? [Respuesta: $Q_p^* = 258$].

Problemas relacionados: 12.16, 12.17, 12.18, 12.37



Modelo activo 12.2

El ejemplo 8 se ilustra con más detalle en el modelo activo 12.2 del CD-ROM.

Tal vez quiera comparar esta solución con la respuesta al ejemplo 3, la cual tenía valores idénticos para D , S y H . Al eliminar el supuesto de entrega instantánea, donde $p = 8$ y $d = 4$, el resultado es un incremento para Q^* , esto es, de 200 en el ejemplo 3 a 283 en el ejemplo 8. Dicho aumento se debe a que el costo de mantener baja de \$.50 a $(.50 \times \frac{1}{2})$, haciendo que el lote óptimo sea mayor. Asimismo, observe que:

$$d = 4 = \frac{D}{\text{Número de días que la planta está en operación}} = \frac{1,000}{250}$$

También podemos calcular Q_p cuando se dispone de datos *anuales*. Cuando se usan los datos anuales, Q_p^* se puede expresar como:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}} \right)}} \quad (12-8)$$

A0 en acción

Precisión en el inventario de Milton Bradley

Milton Bradley, una división de Hasbro, Inc., ha fabricado juguetes durante más de 100 años. La compañía fue fundada por Milton Bradley en 1860 y comenzó haciendo una litografía de Abraham Lincoln. Usando sus habilidades de impresor, Bradley desarrolló juegos como el Juego de la Vida, Serpientes y Escaleras, la Tierra de los Dulces, Scrabble y Lite Brite. En la actualidad, la compañía produce cientos de juegos para los que necesita miles de millones de componentes de plástico.

Una vez que Milton Bradley ha determinado los lotes óptimos para cada corrida de producción, debe fabricarlos y ensamblarlos para que formen parte del juego apropiado. De hecho, ciertos juegos requieren cientos de componentes de plástico, incluyendo perinolas y figuras a escala de hoteles, personas, animales, automóviles, etc. De acuerdo con el director de manufactura, Gary Brennan, obtener el número correcto de piezas para los juguetes y la línea de producción es el factor más importante para la credibilidad de la compañía. Algunas órdenes pueden requerir el envío de más de 20,000 juegos perfectamente ensamblados que se entregan a los almacenes del cliente en cuestión de días.

Los juegos con un número incorrecto de partes y piezas pueden resultar en algunos clientes muy descon-



tentos. También lleva tiempo y es costoso para Milton Bradley surtir las piezas adicionales o que regresen juegos o juguetes. Si se encuentran faltantes durante la etapa de ensamble, toda la corrida de producción debe detenerse hasta corregir el proble-

ma. El conteo manual o mecánico de partes no siempre es exacto. En consecuencia, ahora Milton Bradley pesa las piezas y los juegos completos con la finalidad de determinar si contienen el número correcto de partes. Si el peso no es exacto, hay un problema que debe resolverse antes del embarque. Gracias al uso de básculas digitales de gran precisión, Milton Bradley es capaz de colocar las piezas correctas en el juego correcto en el momento correcto. Sin esta simple innovación, el programa de producción más elaborado no tendría sentido.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (15 de abril de 1999): B1; *Plastics World* (marzo de 1997): 22-26; y *Modern Materials Handling* (septiembre de 1997): 55-57.

Modelos de descuentos por cantidad

Descuento por cantidad

Precio reducido de los artículos que se compran en grandes cantidades.

Para aumentar sus ventas, muchas compañías ofrecen a sus clientes descuentos por cantidad. Un **descuento por cantidad** es simplemente un precio (P) reducido de un artículo por la compra de grandes cantidades. Los programas de descuento con varios descuentos no son raros en órdenes grandes. En la tabla 12.2 aparece un programa típico de descuentos por cantidad. Como se observa en la tabla, el precio normal del artículo es de \$5. Cuando se ordenan a un mismo tiempo de 1,000 a 1,999 unidades, el precio por unidad baja a \$4.80; cuando la orden es de 2,000 o más unidades, el precio unitario es de \$4.75. Como siempre, la administración debe decidir cuánto y cuándo ordenar. Sin embargo, frente a la oportunidad de ahorrar dinero con los descuentos por cantidad, ¿cómo toma estas decisiones el administrador de operaciones?

Al igual que con otros modelos de inventario analizados hasta ahora, la meta global es minimizar el costo total. Dado que el costo unitario para el tercer descuento mostrado en la tabla 12.2 es el más bajo, usted podría interesarse en comprar 2,000 unidades o más, sólo para aprovechar el costo más bajo del producto. Sin embargo, aun con el precio de descuento, colocar una orden por esa cantidad podría no minimizar el costo total de su inventario. Es seguro que entre más suba la cantidad de descuento más bajará el costo del producto. Pero los costos de mantener suben porque las órdenes son más grandes. Por lo tanto, en los descuentos por cantidad el intercambio más importante es entre un *costo del producto más bajo* y un *costo de mantener más alto*. Cuando se incluye el costo del producto, la ecuación para el costo total anual del inventario se puede calcular como sigue:

$$\text{Costo total} = \text{Costo de preparación} + \text{Costo de mantener} + \text{Costo del producto}$$

o bien

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD \tag{12-9}$$

- donde
- Q = Cantidad ordenada
 - D = Demanda anual en unidades
 - S = Costo de ordenar o preparar por orden o por preparación
 - P = Precio por unidad
 - H = Costo de mantener por unidad por año

Ahora debemos determinar la cantidad que minimizará el costo total anual del inventario. Como existen varios descuentos, este proceso implica cuatro pasos:

Paso 1: Para cada descuento, calcule el valor del tamaño óptimo de la orden Q^* usando la siguiente ecuación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}} \tag{12-10}$$

Observe que el costo de mantener es IP en lugar de H . Puesto que el precio del artículo es un factor del costo anual de mantener, no es posible suponer que el costo de mantener es constante cuando el precio unitario cambia para cada descuento por cantidad. Así, es común expresar el costo de mantener (I) como porcentaje del precio unitario (P), y no como un costo constante por unidad por año, H .

Paso 2: Para cualquier descuento, si la cantidad a ordenar es muy baja como para calificar para el descuento, ajuste la cantidad a ordenar hacia arriba hasta la *menor* cantidad que califique para el descuento. Por ejemplo, si para el descuento 2 de la tabla 12.2, Q^* fuera de 500 unidades, su valor se ajustaría a 1,000 unidades. Observe el segundo descuento de la tabla 12.2. Las órdenes que están entre 1,000 y 1,999 unidades califican para un 4% de descuento.

Objetivo de aprendizaje

6. Explicar y usar el modelo de descuentos por cantidad

No olvide ajustar hacia arriba la cantidad a ordenar si es demasiado baja como para calificar para el descuento.

► **Tabla 12.2**
Programa de descuentos por cantidad

Número de descuento	Cantidad para el descuento	Descuento (%)	Precio (P) de descuento
1	De 0 a 999	Sin descuento	\$5.00
2	De 1,000 a 1,999	4	\$4.80
3	2,000 o más	5	\$4.75



◀ **Figura 12.7**
Curva de costo total para el modelo de descuentos por cantidad

Entonces, si Q^* es menor que 1,000 unidades, la cantidad de la orden se ajustará a 1,000 unidades.

El razonamiento del paso 2 puede no ser obvio. Si la cantidad a ordenar, Q^* , está por debajo del intervalo que califica para el descuento, una cantidad ubicada dentro de este rango todavía puede resultar en el costo total más bajo.

Como se muestra en la figura 12.7, la curva del costo total se descompone en tres curvas de costo total diferentes. Hay una curva de costo total para el primer descuento ($0 \leq Q \leq 999$), para el segundo ($1,000 \leq Q \leq 1,999$), y para el tercero ($Q \geq 2,000$). Observe la curva del costo total (TC) para el descuento 2. El valor Q^* para el descuento 2 está debajo del intervalo del descuento, que va de 1,000 a 1,999 unidades. Como se muestra en la figura, la cantidad menor permitida en este intervalo, 1,000 unidades, es la cantidad que minimiza el costo total. Así, el segundo paso es necesario para asegurar que no se descartará una orden que podría generar el costo mínimo. Observe que se puede descartar una cantidad a ordenar calculada en el paso 1 que sea *mayor* que el intervalo que califica para un descuento.

Paso 3: Usando la anterior ecuación del costo total, calcule un costo total para cada Q^* determinada en los pasos 1 y 2. Si fue necesario ajustar Q^* hacia arriba por ser menor que el intervalo de la cantidad aceptable, asegúrese de emplear el valor ajustado para Q^* .

Paso 4: Seleccione la Q^* que tenga el costo total más bajo, como se calculó en el paso 3. Ésta será la cantidad que minimizará el costo total del inventario.

Veamos cómo se puede aplicar este procedimiento con un ejemplo.

Wohl's Discount Store tiene en inventario carritos de carreras. Recientemente le ofrecieron un programa de descuentos por cantidad para estos carritos. Este programa por cantidades se presenta en la tabla 12.2. Así, el costo normal de los carritos es de \$5.00. Para órdenes de entre 1,000 y 1,999 unidades, el costo unitario baja a \$4.80; para 2,000 unidades o más, el costo unitario es de sólo \$4.75. Además, el costo de ordenar es de \$49.00 por orden, la demanda anual es de 5,000 carritos de carreras, y el cargo por mantener el inventario como porcentaje del costo, I , es del 20%, o 0.2. ¿Qué cantidad ordenada minimizará el costo total del inventario?

Método: Seguiremos los cuatro pasos que se acaban de describir para un modelo de descuentos por cantidad.

Solución: El primer paso es calcular Q^* para cada descuento de la tabla 12.2. Esto se hace de la siguiente manera:

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(.2)(5.00)}} = 700 \text{ carritos por orden}$$

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(.2)(4.80)}} = 714 \text{ carritos por orden}$$

$$Q_3^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(49)}{(.2)(4.75)}} = 718 \text{ carritos por orden}$$

EJEMPLO 9

Modelo de descuento por cantidad

Archivo de datos para Excel OM Ch12Ex9.xls

El segundo paso es ajustar hacia arriba los valores de Q^* que son menores que el intervalo permitido para el descuento. Como Q_1^* está entre 0 y 999, no necesita ajustarse. Como Q_2^* está por debajo del intervalo permisible de 1,000 a 1,999, debe ajustarse a 1,000 unidades. Lo mismo sucede para Q_3^* : debe ajustarse a 2,000 unidades. Después de este paso, se deben probar las siguientes cantidades a ordenar en la ecuación del costo total:

$$Q_1^* = 700$$

$$Q_2^* = 1,000\text{—ajustada}$$

$$Q_3^* = 2,000\text{—ajustada}$$

El tercer paso es usar la ecuación de costo total (12-9) y calcular el costo total para cada cantidad a ordenar. Este paso se realiza con ayuda de la tabla 12.3, la cual presenta los cálculos para cada nivel de descuento mostrado en la tabla 12.2.

► **Tabla 12.3**
Cálculos del costo total para Wohl's Discount Store

Número de descuento	Precio unitario	Cantidad a ordenar	Costo anual del producto	Costo anual de ordenar	Costo anual de mantener	Total
1	\$5.00	700	\$25,000	\$350	\$350	\$25,700
2	\$4.80	1,000	\$24,000	\$245	\$480	\$24,725
3	\$4.75	2,000	\$23,750	\$122.50	\$950	\$24,822.50

El cuarto paso es seleccionar la cantidad a ordenar con el menor costo total. Si observa la tabla 12.3, verá que una cantidad a ordenar de 1,000 carritos de carreras minimiza el costo total. Sin embargo, también verá que el costo total por ordenar 2,000 carritos es sólo un poco mayor que el costo por ordenar 1,000 carritos. Entonces, si el costo del tercer descuento baja, por ejemplo a \$4.65, esta cantidad podría ser la que minimizara el costo total del inventario.

Razonamiento: El tercer factor de costo del modelo de descuento por cantidad, costo anual del producto, es ahora una variable importante con impacto en el costo final y en la decisión. Para compensar una gran cantidad de cortes de precio se necesitan aumentos importantes en los costos de ordenar y mantener.

Ejercicio de aprendizaje: Wohl's acaba de recibir el ofrecimiento de un tercer corte en el precio. Si pide 2,500 o más carritos de una sola vez, el costo unitario baja a \$4.60. ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar ahora? [Respuesta: $Q_4 = 2,500$; para un costo total de \$24,248].

Problemas relacionados: 12.19, 12.20, 12.21, 12.22, 12.23, 12.24, 12.25

MODELOS PROBABILÍSTICOS E INVENTARIO DE SEGURIDAD

Todos los modelos de inventario analizados hasta ahora suponen que la demanda de un producto es constante y cierta. Ahora se relajará este supuesto. Los siguientes modelos de inventario se aplican cuando la demanda del producto no se conoce pero puede especificarse mediante una distribución de probabilidad. Este tipo de modelos se llaman **modelos probabilísticos**.

Una preocupación importante de la administración es mantener un nivel de servicio adecuado ante la demanda incierta. El **nivel de servicio** es el *complemento* de la probabilidad de un faltante. Por ejemplo, si la probabilidad de que ocurra un faltante es de 0.05, entonces el nivel de servicio es de .95. La demanda incierta eleva la posibilidad de faltantes. Un método adecuado para reducir los faltantes consiste en mantener en inventario unidades adicionales. Como se indicó, tal inventario suele denominarse inventario de seguridad. Implica agregar cierto número de unidades al punto de reorden, como un amortiguador. A partir del análisis anterior:

$$\text{Punto de reorden} = \text{ROP} = d \times L$$

donde d = Demanda diaria

L = Tiempo de entrega de la orden, o número de días hábiles necesarios para efectuar la entrega de una orden.

La inclusión del inventario de seguridad (ss) cambia la expresión a:

$$\text{ROP} = d \times L + ss \tag{12-11}$$

Modelo probabilístico

Modelo estadístico aplicable cuando la demanda del producto o cualquier otra variable se desconoce pero puede especificarse mediante una distribución de probabilidad.

Nivel de servicio

Complemento de la probabilidad de un faltante.

La cantidad de inventario de seguridad depende del costo de incurrir en un faltante y del costo de mantener el inventario adicional. El costo anual por faltantes se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Costo anual por faltantes} &= \text{La suma de las unidades faltantes para cada nivel de demanda} \\ &\times \text{La probabilidad de ese nivel de demanda} \times \text{El costo de faltantes/unidad} \\ &\times \text{El número de órdenes por año} \end{aligned} \quad (12-12)$$

En el ejemplo 10 se ilustra este concepto.

EJEMPLO 10

Determinación del inventario de seguridad con demanda probabilística y tiempo de entrega constante

David Rivera Optical ha determinado que su punto de reorden para armazones de lentes es de $50(d \times L)$ unidades. Su costo de mantener por armazón por año es de \$5, y el costo por faltantes (o pérdida de una venta) es de \$40 por armazón. La tienda ha experimentado la siguiente distribución de probabilidad para la demanda del inventario durante el periodo de reorden. El número óptimo de órdenes por año es de seis.

	Número de unidades	Probabilidad
	30	.2
	40	.2
ROP →	50	.3
	60	.2
	70	.1
		<u>1.0</u>

¿Cuánto inventario de seguridad debería mantener David Rivera?

Método: El objetivo es encontrar la cantidad de inventario de seguridad que minimiza la suma de los costos de mantener el inventario adicional y los costos por faltantes. El costo anual de mantener es simplemente el costo de mantener una unidad multiplicado por las unidades agregadas al ROP. Por ejemplo, un inventario de seguridad de 20 armazones implica que el nuevo ROP, con inventario de seguridad, es 70 (= 50 + 20) y eleva el costo anual de manejo en $\$5(20) = \100 .

Sin embargo, el cálculo del costo anual por faltantes es más interesante. Para cualquier nivel de inventario de seguridad, el costo por faltantes es el costo esperado de que se agote el artículo. Podemos calcularlo, como en la ecuación (12-12), multiplicando el número de armazones faltantes (Demanda – ROP) por la probabilidad de la demanda en ese nivel, por el costo del faltante, por el número de veces por año que puede ocurrir el faltante (que en nuestro caso es el número de órdenes por año). Después sumamos los costos de faltantes para cada nivel posible de faltantes para un ROP dado.

Solución: Comenzamos considerando el inventario de seguridad en cero. Para este inventario de seguridad, ocurrirá un faltante de 10 armazones si la demanda es de 60, y habrá un faltante de 20 armazones si la demanda es de 70. Entonces los costos por faltantes para un inventario de seguridad de cero son:

$$\begin{aligned} &(\text{Faltante de 10 armazones})(.2)(\$40 \text{ por faltante})(6 \text{ posibles faltantes por año}) \\ &+ (\text{Faltante de 20 armazones})(.1)(\$40)(6) = \$960. \end{aligned}$$

La tabla siguiente resume los costos totales para cada una de las tres alternativas:

Inventario de seguridad	Costo de mantener adicional	Costo por faltantes	Costo total
20	(20) (\$5) = \$100	\$ 0	\$100
10	(10) (\$5) = \$ 50	(10) (.1) (\$40) (6) = \$240	\$290
0	\$ 0	(10) (.2) (\$40) (6) + (20) (.1) (\$40) (6) = \$960	\$960

El inventario de seguridad con el menor costo total es de 20 armazones. Por lo tanto, este inventario de seguridad cambia el punto de reorden a $50 + 20 = 70$ armazones.

Razonamiento: Ahora la compañía óptica sabe que un inventario de seguridad de 20 armazones será la decisión más económica.

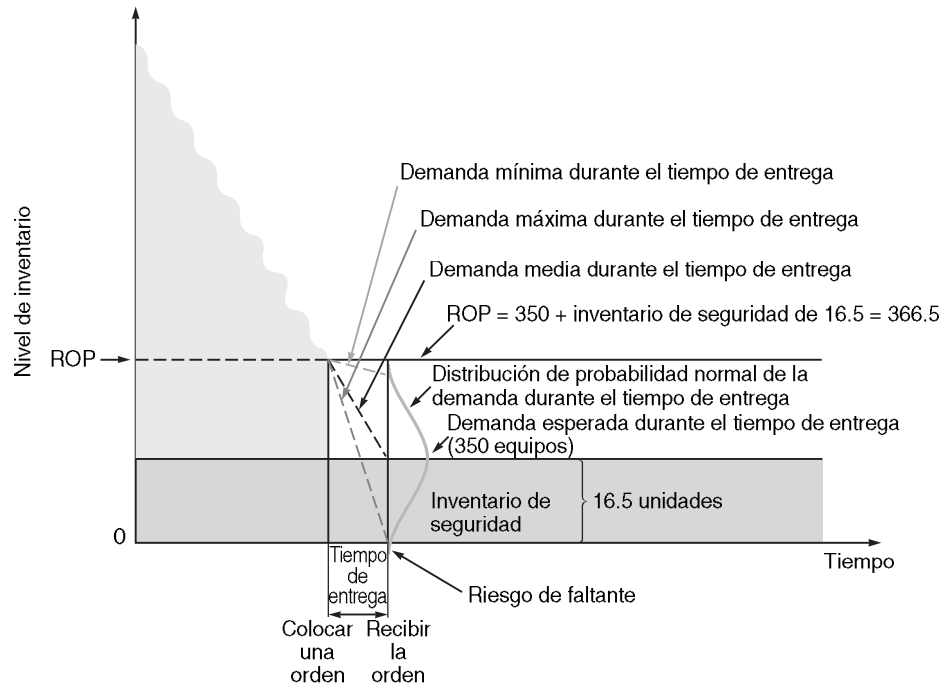
Ejercicio de aprendizaje: Ahora el costo de mantener un armazón para David Rivera se estima en \$20, mientras que el costo por faltantes es de \$30 por armazón. ¿Cambia el punto de reorden? [Respuesta: Inventario de seguridad = 10, con un costo total de \$380, que es el más bajo de los tres. ROP = 60 armazones].

Problemas relacionados: 12.29, 12.30, 12.31

► **Figura 12.8**

Demanda probabilística para un artículo de hospital

El número esperado de equipos necesarios durante el tiempo de entrega es de 350, pero para un nivel de servicio del 95% el punto de reorden debe elevarse a 366.5.



Cuando resulta difícil o imposible determinar el costo de quedarse sin existencias, el administrador puede decidir seguir la política de mantener un inventario de seguridad suficiente para satisfacer un nivel prescrito de servicio al cliente. Por ejemplo, en la figura 12.8 se muestra el uso del inventario de seguridad cuando la demanda (de equipos de resucitación para hospital) es probabilística. Vemos que en la figura 12.8 el inventario de seguridad es de 16.5 unidades, y que el punto de reorden también se incrementa en 16.5.

El administrador podría querer definir su nivel de servicio como satisfacer el 95% de la demanda (o a la inversa, tener faltantes sólo un 5% del tiempo). Si se supone que durante el tiempo de entrega (el periodo de reorden) la demanda sigue una curva normal, sólo se necesitan la media y la desviación estándar para definir los requerimientos de inventario en cualquier nivel de servicio. En general, los datos de ventas son adecuados para calcular la media y la desviación estándar. En el siguiente ejemplo usamos una curva normal con media (μ) y desviación estándar (σ) conocidas con la finalidad de determinar el punto de reorden y el inventario de seguridad necesarios para un nivel de servicio del 95%. Usamos la siguiente fórmula:

$$ROP = \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + Z\sigma_{dLT} \tag{12-13}$$

donde Z = Número de desviaciones estándar
 σ_{dLT} = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

EJEMPLO 11

Inventario de seguridad con demanda probabilística

El Hospital Regional de Memphis almacena un equipo de resucitación de “código azul” que tiene una demanda distribuida normalmente durante el periodo de reorden. La demanda media (promedio) durante el periodo de reorden es de 350 equipos, y la desviación estándar es de 10 equipos. El administrador del hospital quiere aplicar una política que permita tener faltantes sólo un 5% del tiempo.

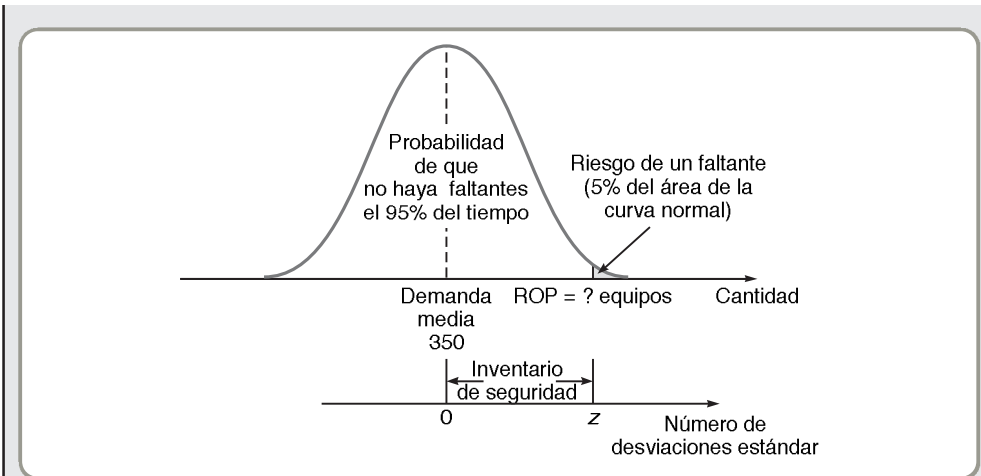
- (a) ¿Cuál es el valor adecuado de Z ?
- (b) ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener el hospital?
- (c) ¿Qué punto de reorden debe usarse?

Método: El hospital determina cuánto inventario se necesita para satisfacer la demanda el 95% del tiempo. La figura incluida en este ejemplo puede ayudarle a visualizar el método. Los datos son los siguientes:

μ = Demanda media = 350 equipos

σ_{dLT} = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega = 10 equipos

Z = Número de desviaciones estándar



Solución:

a. Usamos las propiedades de una curva normal estandarizada para obtener un valor Z para un área situada bajo la curva normal de .95 (o $1 - 0.5$). Usando una tabla normal (vea el apéndice I), encontramos un valor Z de 1.65 desviaciones estándar desde la media.

b. Porque: Inventario de seguridad = $x - \mu$

Y:
$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma_{dLT}}$$

Entonces: Inventario de seguridad = $Z\sigma_{dLT}$ (12-14)

Al despejar el inventario de seguridad, como en la ecuación (12-14), tenemos:

$$\text{Inventario de seguridad} = 1.65(10) = 16.5 \text{ equipos}$$

Esta es la situación ilustrada en la figura 12.8.

c. El punto de reorden es:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + \text{Inventario de seguridad} \\ &= 350 \text{ equipos} + 16.5 \text{ equipos del inventario de seguridad} = 366.5, \text{ o } 367 \text{ equipos.} \end{aligned}$$

Razonamiento: El costo de la política de inventarios aumenta en forma impresionante (exponencialmente) con el incremento en los niveles de servicio.

Ejercicio de aprendizaje: ¿Qué política resulta en faltantes el 10% del tiempo? [Respuesta: $Z = 1.28$; inventario de seguridad = 12.8; ROP = 363 equipos].

Problemas relacionados: 12.27, 12.28, 12.38

Otros modelos probabilísticos

Las ecuaciones (12-13) y (12-14) suponen que se conocen tanto una estimación de la demanda esperada durante los tiempos de entrega como su desviación estándar. Cuando *no* se cuenta con los datos del tiempo de entrega, estas fórmulas no se pueden aplicar. Sin embargo, existen otros tres modelos disponibles. Debemos determinar qué modelo usar para tres situaciones

1. La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante
2. El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante
3. Tanto el tiempo de entrega como la demanda son variables

Los tres modelos suponen que la demanda y el tiempo de entrega son variables independientes. Observe que en nuestros ejemplos se usan días, pero también se pueden utilizar semanas. A continuación examinamos estas tres situaciones por separado, porque el cálculo del ROP necesita una fórmula distinta en cada caso.

La demanda es variable y el tiempo de entrega es constante Cuando *sólo la demanda es variable*, entonces:

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-15)$$

donde σ_{dLT} = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega =

$$\sigma_d \sqrt{\text{Tiempo de entrega}} \quad \text{y} \quad \sigma_d = \text{Desviación estándar de la demanda diaria}$$

Objetivo de aprendizaje

7. Entender los modelos de niveles de servicio y de inventario probabilístico

EJEMPLO 12**ROP para demanda variable y tiempo de entrega constante**

La demanda diaria *promedio* para los iPods Apple en una tienda de Circuit Town es de 15, con una desviación estándar de 5 unidades. El tiempo de entrega es constante de 2 días. Encuentre el punto de reorden si la administración quiere un nivel de servicio del 90% (es decir, un riesgo de faltantes sólo un 10% del tiempo). ¿Cuánto de este inventario es de seguridad?

Método: Aplique la ecuación (12-15) a los siguientes datos:

Demanda diaria promedio (distribuida normalmente) = 15

Tiempo de entrega en días (constante) = 2

Desviación estándar de la demanda diaria = $\sigma_d = 5$

Nivel de servicio = 90%

Solución: A partir de la tabla normal (apéndice I), obtenemos un valor de Z para el 90% de 1.28. Entonces:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (15 \text{ unidades} \times 2 \text{ días}) + Z\sigma_d\sqrt{\text{Tiempo de entrega}} \\ &= 30 + 1.28(5)(\sqrt{2}) \\ &= 30 + 1.28(5)(1.41) = 30 + 9.02 = 39.02 \approx 39 \end{aligned}$$

Así, el inventario de seguridad es de alrededor de 9 iPods.

Razonamiento: El valor de Z depende del nivel de riesgo de faltantes del administrador. Entre más pequeño sea el riesgo, mayor será Z.

Ejercicio de aprendizaje: Si el administrador de Circuit Town quiere un nivel de servicio del 95%, ¿cuál es el nuevo ROP? [Respuesta: ROP = 41.63, o 42].

Problema relacionado: 12.32

El tiempo de entrega es variable y la demanda es constante Cuando la *demanda es constante* y *sólo el tiempo de entrega es variable*, entonces:

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de entrega promedio en días}) + Z(\text{Demanda diaria}) \times \sigma_{LT} \quad (12-16)$$

donde σ_{LT} = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

EJEMPLO 13**ROP para demanda constante y tiempo de entrega variable**

La tienda de Circuit Town del ejemplo 12 vende alrededor de 10 cámaras digitales al día (casi una cantidad constante). El tiempo de entrega para una cámara está normalmente distribuido con un tiempo medio de 6 días y desviación estándar de 3 días. Se establece un nivel de servicio del 98%. Encuentre el ROP.

Método: Aplique la ecuación (12-16) a los siguientes datos:

Demanda diaria = 10

Tiempo de entrega promedio = 6 días

Desviación estándar del tiempo de entrega = $\sigma_{LT} = 3$ días

Nivel de servicio = 98%, por lo que Z (del apéndice I) = 2.055.

Solución: A partir de la ecuación obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (10 \text{ unidades} \times 6 \text{ días}) + 2.055(10 \text{ unidades})(3) \\ &= 60 + 61.65 = 121.65 \end{aligned}$$

El punto de reorden es de alrededor de 122 cámaras.

Razonamiento: Observe que un nivel de servicio muy alto del 98% eleva también el ROP.

Ejercicio de aprendizaje: Si se aplica un nivel de servicio del 90%, ¿hasta dónde baja el ROP? [Respuesta: ROP = 60 + (1.28)(10)(3) = 60 + 38.4 = 98.4, puesto que el valor de Z es de sólo 1.28].

Problema relacionado: 12.33

Tanto la demanda como el tiempo de entrega son variables Cuando la *demanda* y el *tiempo de entrega* son variables, la fórmula para el punto de reorden se vuelve más compleja:⁶

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{tiempo de entrega promedio}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-17)$$

donde σ_d = Desviación estándar de la demanda diaria

σ_{LT} = Desviación estándar del tiempo de entrega en días

$$\text{y } \sigma_{dLT} = \sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + (\text{Demanda diaria promedio})^2 \sigma_{LT}^2}$$

⁶Para mayores detalles, consulte S. Narasimhan, D. W. McLeavey y P. Billington, *Production Planning and Inventory Control*, 2da. ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995), cap. 6. Observe que la ecuación (12-17) también se puede expresar como:

$$\text{ROP} = \text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega promedio} + Z\sqrt{(\text{Tiempo de entrega promedio} \times \sigma_d^2) + \bar{d}^2 \sigma_{LT}^2}$$

EJEMPLO 14

ROP para demanda variable y tiempo de entrega variable

El artículo más vendido en la tienda de Circuit Town es el paquete de seis baterías de 9 voltios. Se venden alrededor de 150 paquetes al día, siguiendo una distribución normal con una desviación estándar de 16 paquetes. Las baterías se ordenan a un distribuidor de otro estado; el tiempo de entrega se distribuye normalmente con un promedio de 5 días y desviación estándar de 1 día. Para mantener un nivel de servicio del 95%, ¿qué ROP es el adecuado?

Método: Determine la cantidad a la cual se debe reordenar aplicando la ecuación (12-17) a los siguientes datos:

- Demanda diaria promedio = 150 paquetes
- Desviación estándar de la demanda = $\sigma_d = 16$ paquetes
- Tiempo de entrega promedio = 5 días
- Desviación estándar del tiempo de entrega = $\sigma_{LT} = 1$ día
- Nivel de servicio = 95%, por lo que $Z = 1.65$ (del apéndice I)

Solución: A partir de la ecuación calculamos:

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (150 \text{ paquetes} \times 5 \text{ días}) + 1.65 \sigma_{dLT} \\ \text{donde } \sigma_{dLT} &= \sqrt{(5 \text{ días} \times 16^2) + (150^2 \times 1^2)} \\ &= \sqrt{(5 \times 256) + (22,500 \times 1)} \\ &= \sqrt{1,280 + 22,500} = \sqrt{23,780} \cong 154 \end{aligned}$$

Entonces $\text{ROP} = (150 \times 5) + 1.65(154) \cong 750 + 254 = 1,004$ paquetes

Razonamiento: Cuando tanto la demanda como el tiempo de entrega son variables, la fórmula luce muy compleja. Pero es sólo el resultado de elevar al cuadrado las desviaciones estándar de las ecuaciones (12-15) y (12-16) para obtener sus varianzas, después sumarlas, y finalmente calcular su raíz cuadrada.

Ejercicio de aprendizaje: Para un nivel de servicio del 80%, ¿cuál es el ROP? [Respuesta: $Z = .84$ y $\text{ROP} = 879$ paquetes].

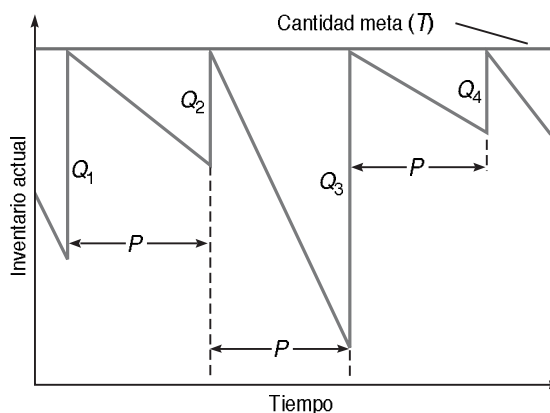
Problema relacionado: 12.34

SISTEMAS DE PERIODO FIJO (P)

Los modelos de inventario considerados hasta ahora son sistemas de **cantidad fija**, o **sistemas Q**. Es decir, la misma cantidad fija de un artículo se agrega al inventario cada vez que se coloca una orden. Observamos que un evento dispara las órdenes. Cada vez que el inventario disminuye hasta el punto de reorden (ROP), se coloca una nueva orden de Q unidades.

Para usar el modelo de cantidad fija, es necesario monitorear continuamente el inventario. Esto se conoce como **sistema de inventario perpetuo**. Cada vez que un artículo entra o sale del inventario, los registros deben actualizarse para asegurar que no se ha alcanzado el ROP.

Por otra parte, en un **sistema P**, o de **periodo fijo**, las órdenes se colocan al final de un periodo dado. Entonces, y sólo entonces, se cuenta el inventario. Sólo se pide la cantidad necesaria para elevar el inventario a un nivel meta especificado. En la figura 12.9 se ilustra este concepto.



Sistema de cantidad fija (Q)

Sistema de órdenes EOQ en el que cada vez se ordena la misma cantidad.

Sistema de inventario perpetuo

Sistema que da seguimiento continuo a cada salida o entrada del inventario, de manera que los registros siempre están actualizados.

Sistema de periodo fijo (P)

Sistema en el que las órdenes de inventario se realizan a intervalos regulares.

◀ Figura 12.9
Nivel de inventarios en un sistema de periodo fijo (P)

Se ordenan varias cantidades (Q_1, Q_2, Q_3 , etc.) a intervalos regulares (P) con base en la cantidad necesaria para elevar el inventario hasta la cantidad meta (T).

Los sistemas de periodo fijo comparten varias suposiciones con el sistema básico de cantidad fija EOQ:

- Los únicos costos relevantes son los costos de ordenar y mantener.
- Los tiempos de entrega se conocen y son constantes.
- Los artículos son independientes entre sí.

La recta de pendiente menguante de la figura 12.9 representa de nuevo el inventario actual. Pero ahora, cuando transcurre el tiempo entre órdenes (P), se coloca una nueva orden para elevar el inventario al valor meta (T). La cantidad ordenada durante el primer periodo puede ser Q_1 , en el segundo periodo Q_2 , etc. El valor Q_i es la diferencia que existe entre el inventario actual y el nivel de inventario meta. En el ejemplo 15 se ilustra cuánto ordenar en un sistema P sencillo.

EJEMPLO 15

Sistema de órdenes P

El Hard Rock de Londres tiene una orden atrasada de tres chamarras de piloto confeccionadas en cuero en su tienda al menudeo. No hay chamarras en existencia, no se espera ninguna por órdenes anteriores, y es tiempo de colocar un pedido. El valor meta es de 50 chamarras. ¿Cuántas chamarras deben ordenarse?

Método: Considere las cuatro variables siguientes: la cantidad meta, el inventario actual, las órdenes anteriores en ruta, y las órdenes atrasadas.

Solución: Cantidad a ordenar (Q) = Cantidad meta (T) – Inventario actual – Órdenes anteriores aún no recibidas + Órdenes atrasadas = $50 - 0 - 0 + 3 = 53$ chamarras.

Razonamiento: Como en un sistema P la demanda es variable, algunas órdenes serán más grandes que la EOQ y otras serán más pequeñas.

Ejercicio de aprendizaje: Hard Rock tiene una orden atrasada de 5 camisetas de Londres, no tiene ninguna camiseta en inventario, su cantidad meta es de 400 y no hay órdenes que aún no se hayan recibido. ¿Cuál es el valor de Q ? [Respuesta: 405 camisetas].

Problema relacionado: 12.35

La ventaja del sistema de periodo fijo es que no hay un conteo físico de los artículos del inventario después de que se extrae un artículo esto ocurre sólo cuando llega el tiempo de la siguiente revisión. Este procedimiento también es conveniente para la administración, en especial cuando el control del inventario es uno más de los deberes de un empleado.

Un sistema de periodo fijo resulta adecuado cuando los vendedores visitan a los clientes de manera rutinaria (es decir, a intervalos de tiempo fijos) para tomar nuevas órdenes o cuando el departamento de compras desea combinar órdenes para ahorrar costos de ordenar y de transporte (por lo tanto, artículos similares del inventario tendrán un mismo periodo de revisión). Por ejemplo, una compañía de máquinas expendedoras puede reabastecer sus máquinas todos los martes. Éste es el caso también en Anheuser-Busch, cuyos representantes de ventas pueden visitar una tienda cada 5 días (vea el recuadro de *AO en acción* “66,207,896 botellas de cerveza en el aparador”).

AO en acción

66,207,896⁶ botellas de cerveza en el aparador

Cuando Dereck Gurden visita una de las tiendas de sus clientes —7-Eleven, Buy N Save, o alguna de las docenas de licorerías y restaurantes que se encuentran en el territorio de 800 millas cuadradas que cubre en el Valle Central de California los gerentes suelen dejar lo que están haciendo y tomar una libreta de notas. Esto es porque, como dice Gurden, “Sé más del negocio de estas personas que ellas mismas... al menos en la sección de cervezas”.

¿Por qué Gurden y otros representantes de ventas del distribuidor Anheuser-Busch son tan brillantes? Por BudNet, la super secreta joya de la corona del rey de la cerveza una red nacional de datos mediante la cual los conductores y representantes informan, con gran detalle, sobre ventas, espacio en anaquel, inventario y anuncios en miles de tiendas. ¿Cómo funciona? Cuando Gurden va a una tienda, ingresa todo lo que ve a su computadora portátil, luego se conecta a un teléfono celular y envía las

nuevas órdenes, junto con los datos recopilados. Anheuser ha creado una ciencia extremadamente exacta para determinar qué están comprando los amantes de la cerveza, así como cuándo, dónde y por qué.

Al relacionar estos datos con las cifras de población registradas en los censos de Estados Unidos, Anheuser explora los datos hasta encontrar las ventas en tiendas individuales. La compañía puede señalar edad, etnicidad, educación, orientación política y preferencia sexual de los clientes de un 7-eleven en particular. BudNet es la razón principal por la cual la participación de Anheuser en el mercado cervecero de Estados Unidos de 75 mil millones de dólares sigue creciendo, y la compañía ha logrado utilidades porcentuales de dos dígitos durante 20 trimestres consecutivos mientras que sus competidores continúan estancados.

Fuentes: *Business 2.0* (enero-febrero de 2001): 47-49; *Beverage Industry* (mayo de 2004): 20-23; y *The Wall Street Journal* (23 de marzo de 2004): C3.

La desventaja del sistema P es que, como no hay un conteo del inventario durante el periodo de revisión, existe la posibilidad de registrar faltantes durante ese tiempo. Este escenario es posible si una orden grande llevara el inventario hasta cero, justo después de colocar una orden. Por lo tanto, es necesario mantener un nivel más alto de inventario de seguridad (en comparación con el sistema de cantidad fija) como protección contra faltantes durante el tiempo que transcurre entre revisiones y el tiempo de entrega.

Resumen

El inventario representa una inversión importante para muchas compañías. Esta inversión con frecuencia es mayor de lo que debería ser porque para muchas empresas es más fácil tener un inventario “por si acaso” en lugar de un inventario “justo a tiempo”. Los inventarios son de cuatro tipos:

1. Materias primas y componentes comprados
2. Trabajo en proceso
3. Mantenimiento, reparación y operación (MRO)
4. Bienes terminados

En este capítulo se estudiaron el inventario independiente, el análisis ABC, la exactitud de los registros, el conteo cíclico, y los modelos de inventario que se usan para controlar demandas independientes. El modelo EOQ, el modelo de la cantidad económica a producir, y el modelo de descuentos por cantidad se pueden resolver usando Excel, Excel OM o POM para Windows. En la tabla 12.4 se presenta una descripción de los modelos de inventario presentados en este capítulo.

Q = Número de unidades por orden	P = Precio
EOQ = Cantidad óptima a ordenar (Q^*)	I = Costo anual de manejo del inventario como porcentaje del precio
D = Demanda anual en unidades	μ = Demanda media
S = Costo de preparar u ordenar para cada orden	σ_{dLT} = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega
H = Costo monetario de mantener o manejar inventario por unidad por año	σ_{LT} = Desviación estándar del tiempo de entrega
p = Tasa de producción diaria	Z = Valor estandarizado bajo la curva normal
d = Tasa de demanda diaria	

◀ Tabla 12.4

Resumen de los modelos de demanda independiente

EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (12-1)$$

Modelo de la cantidad económica a producir EOQ:

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \quad (12-7)$$

Costo total para los modelos EOQ y de descuentos por cantidad EOQ:

$$\begin{aligned} TC &= \text{Costo total} \\ &= \text{Costo de preparación} + \text{Costo de mantener} + \text{Costo del producto} \\ &= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD \end{aligned} \quad (12-9)$$

Modelo de descuentos por cantidad EOQ:

$$Q^* = \sqrt{\frac{DS}{IP}} \quad (12-10)$$

Modelo probabilístico con demanda conocida durante el tiempo de entrega esperado:

$$ROP = \text{Demanda esperada durante el tiempo de entrega} + Z\sigma_{dLT} \quad (12-13)$$

$$\text{Inventario de seguridad} = Z\sigma_{dLT} \quad (12-14)$$

Modelo probabilístico con demanda variable y tiempo de entrega constante:

$$ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-15)$$

Modelo probabilístico con demanda constante y tiempo de entrega variable:

$$ROP = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de entrega promedio en días}) + Z(\text{Demanda diaria})\sigma_{LT} \quad (12-16)$$

Modelo probabilístico con demanda y tiempo de entrega variables:

$$ROP = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega promedio en días}) + Z\sigma_{dLT} \quad (12-17)$$

Términos clave

Análisis ABC (p. 485)	Inventario de trabajo en proceso (WIP) (p. 484)	Nivel de servicio (p. 502)
Conteo cíclico (p. 487)	Merma (p. 488)	Punto de reorden (ROP) (p. 496)
Costo de mantener inventario (p. 490)	Modelo de la cantidad económica a ordenar (EOQ) (p. 490)	Robo (p. 488)
Costo de ordenar (p. 490)	Modelo de la cantidad económica a producir (p. 497)	Robusto (p. 495)
Costo de preparación (p. 490)	Modelo probabilístico (p. 502)	Sistema de cantidad fija (p. 507)
Descuento por cantidad (p. 500)	Mantenimiento reparación y operaciones MRO (p. 485)	Sistema de inventario perpetuo (p. 507)
Inventario de bienes terminados (p. 485)		Sistema de periodo fijo (p. 507)
Inventario de materias primas (p. 484)		Tiempo de entrega (p. 495)
Inventario de seguridad (p. 496)		Tiempo de preparación (p. 490)

Uso de software para resolver problemas de inventario

En esta sección se presentan tres formas de resolver problemas de inventario con software de computadora. Primero, usted puede crear sus propias hojas de cálculo en Excel. Segundo, puede usar el software Excel OM que acompaña a este texto y que viene incluido en el CD del estudiante. Tercero, con POM para Windows, que también se incluye en su CD, pueden resolverse todos los problemas marcados con una **P**

Creación de sus propias hojas de cálculo en Excel

En el programa 12.1 se ilustra cómo hacer un modelo en Excel para resolver el ejemplo 8 (pág. 498). Éste es un modelo de la cantidad económica a producir. Debajo del programa 12.1 se presenta un listado de las fórmulas necesarias para crear la hoja de cálculo.

► Programa 12.1

Uso de Excel para implementar un modelo de producción con datos del ejemplo 8

	A	B
1	Nathan Manufacturing, Inc.	
2		
3	Demand rate, D	1000
4	Setup cost, S	\$ 10.00
5	Holding cost, H	\$ 0.50
6	Daily production rate, p	8
7	Daily demand rate, d	4
8	Days per year	250
9	Unit price, P	\$ 200.00
10		
11		
12	Optimal production quantity, Q*	282.84
13	Maximum Inventory	141.42
14	Average Inventory	70.71
15	Number of Setups	3.54
16	Time (days) between production runs	70.71
17		
18	Holding cost	\$ 35.36
19	Setup cost	\$ 35.36
20		
21	Unit costs	\$ 200,000
22		
23	Total cost, Tc	\$ 200,071
24		

Cálculos		
Valor	Celda	Fórmula de Excel
Cantidad óptima a producir, Q*	B12	=SQRT(2*B3*B4/B5)*SQRT(B6/(B6-B7))
Inventario máximo	B13	=B12*(B6-B7)/B6
Inventario promedio	B14	=B13/2
Número de preparaciones	B15	=B3/B12
Tiempo (días) entre corridas de producción	B16	=B8/B15
Costo de mantener	B18	=B14*B5
Costo de preparación	B19	=B15*B4
Costos unitarios	B21	=B9*B3
Costos totales, TC	B22	=B18+B19+B21

X Uso de Excel OM

Excel OM permite modelar con facilidad los problemas de inventario, desde el análisis ABC, el modelo básico EOQ, el modelo de producción, y las situaciones de descuentos por cantidad.

En el programa 12.2 se muestra la introducción de datos, las fórmulas seleccionadas y los resultados del análisis ABC, por medio de los datos del ejemplo 1 (en la pág. 485). Después de introducir los datos, empleamos los comandos de Excel, *Datos* y *Ordenar*, para clasificar los artículos de mayor a menor volumen monetario.

Introduzca el nombre o el número del artículo, su volumen de ventas y el costo unitario en las columnas A, B y C.

Calcule el volumen total en dinero para cada artículo = B8*C8.

Calcule el porcentaje del gran total del volumen en dinero para cada artículo = E8/E18

Introduzca el volumen y los costos en la tabla de datos. Después use el botón Copiar/Ordenar.

= SUMA(\$F\$8:F8)

Los volúmenes monetarios acumulados en la columna G sólo tienen sentido después de ordenar los artículos por su volumen en dinero. Ya sea que use el botón de copiar y ordenar o que ordene los datos manualmente, marque de la celda A7 a la E17 y después use los comandos Datos y Ordenar de la barra de Excel 2007 o del menú de Excel 2003.

SUMA(E8:E17)

▲ Programa 12.2 Uso de Excel OM para efectuar el análisis ABC con los datos del ejemplo 1

P Uso de POM para Windows

Con el módulo de inventarios de POM para Windows se puede resolver toda la familia de problemas EOQ. Para ver mayores detalles, consulte el apéndice IV.

Problemas resueltos

Horas virtuales en la oficina

Problema resuelto 12.1

David Alexander ha recopilado la *tabla* siguiente de seis artículos en inventario para Angelo Products, junto con su costo unitario y su demanda en unidades:

Código de identificación	Costo unitario (\$)	Demanda anual (unidades)
XX1	5.84	1,200
B66	5.40	1,110
3CPO	1.12	896
33CP	74.54	1,104
R2D2	2.00	1,110
RMS	2.08	961

Use el análisis ABC para determinar cuáles artículo(s) deben controlarse con cuidado usando una técnica cuantitativa de inventarios y qué artículo(s) no necesitan controlarse estrictamente.

Solución

El artículo que necesita control estricto es el 33CP, por lo que es un artículo A. Los artículos que no necesitan controlarse estrictamente son 3CPO, R2D2 y RMS; éstos son artículos C. Los artículos B serán el XX1 y el B66.

Código	Volumen monetario anual = Costo unitario Demanda
XX1	\$ 7,008.00
B66	\$ 5,994.00
3CPO	\$ 1,003.52
33CP	\$82,292.16
R2D2	\$ 2,220.00
RMS	\$ 1,998.88

Costo total = \$100,516.56

70% del costo total = \$70,347.92

Problema resuelto 12.2

La Warren W. Fisher Computer Corporation compra 8,000 transistores cada año como componentes para minicomputadoras. El costo unitario de cada transistor es de \$10, y el costo de mantener un transistor en inventario durante un año es de \$3. El costo de ordenar es de \$30 por pedido.

¿Cuáles son (a) el tamaño del lote óptimo; (b) el número esperado de órdenes colocadas cada año, y (c) el tiempo esperado entre órdenes? Suponga que Fisher opera 200 días al año.

Solución

$$(a) \quad Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(8,000)(30)}{3}} = 400 \text{ unidades}$$

$$(b) \quad N = \frac{D}{Q^*} = \frac{8,000}{400} = 20 \text{ órdenes}$$

$$(c) \quad \text{Tiempo entre órdenes} = T = \frac{\text{Número de días de trabajo}}{N} = \frac{200}{20} = 10 \text{ días de trabajo}$$

Con 20 órdenes colocadas cada año, se hace un pedido de 400 transistores cada 10 días de trabajo.

Problema resuelto 12.3

La demanda anual de carpetas en Meyer's Stationery Shop es de 10,000 unidades. Brad Meyer opera su negocio 300 días al año y,

por lo general, las entregas de su proveedor toman 5 días de trabajo. Calcule el punto de reorden para las carpetas.

Solución

$$L = 5 \text{ días}$$

$$d = \frac{10,000}{300} = 33.3 \text{ unidades por día}$$

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= d \times L = (33.3 \text{ unidades por día})(5 \text{ días}) \\ &= 166.7 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Entonces, Brad debe reordenar cuando su inventario llegue a 167 unidades.

Problema resuelto 12.4

Leonard Presby, Inc., tiene una demanda anual de 1,000 unidades pero puede producir a una tasa promedio de 2,000 unidades al año.

El costo de preparación es de \$10; el costo de mantener es de \$1. ¿Cuál es el número óptimo de unidades que deben producirse cada vez?

Solución

$$\begin{aligned} Q_p^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H \left(1 - \frac{\text{Tasa de demanda anual}}{\text{Tasa de producción anual}}\right)}} = \sqrt{\frac{2(1,000)(10)}{1[1 - (1,000/2,000)]}} \\ &= \sqrt{\frac{20,000}{1/2}} = \sqrt{40,000} = 200 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Problema resuelto 12.5

Whole Nature Foods vende un producto libre de gluten, el cual tiene una demanda anual de 5,000 cajas. En la actualidad, paga \$6.40 por cada caja; el costo de mantener es un 25% del costo unitario; los costos de ordenar son de \$25. Un nuevo proveedor ha ofrecido vender el mismo artículo por \$6.00 si Whole Nature Foods compra al menos 3,000 cajas por pedido. ¿La compañía debe quedarse con el antiguo proveedor o tomar ventaja del nuevo descuento por cantidad?

Solución

Con el precio actual de \$6.40 por caja:

Cantidad económica a ordenar, usando la ecuación (12-10):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IP}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2(5,000)(25)}{(0.25)(6.40)}}$$

= 395.3, o bien 395 cajas

donde D = demanda del periodo
 S = costo de ordenar
 P = precio por caja
 I = costo de mantener como porcentaje
 H = costo de mantener = IP

Costo total = Costo de ordenar + costo de mantener + costo de compra

$$= \frac{DS}{Q} + \frac{Q}{2}H + PD$$

$$= \frac{(5,000)(25)}{395} + \frac{(395)(0.25)(6.40)}{2} + (6.40)(6,000)$$

$$= 316 + 316 + 32,000$$

$$= \$32,632$$

Nota: Los costos por ordenar y mantener están redondeados.

Con el precio del descuento por cantidad de \$6.00 por caja:

Costo total = Costo de ordenar + costo de mantener + costo de compra

$$= \frac{DS}{Q} + \frac{Q}{2}H + PD$$

$$= \frac{(5,000)(25)}{3000} + \frac{(5,000)(0.25)(6.00)}{2} + (6.00)(5,000)$$

$$= 42 + 3,750 + 30,000$$

$$= \$33,792$$

Por lo tanto, es preferible mantenerse con el proveedor antiguo y así Whole Nature Foods incurriría en un costo total de \$32,632.

Problema resuelto 12.6

Ashok Kumar, Inc., ordena juegos de arte para niños una vez al año, y el punto de reorden, sin inventario de seguridad (dL), es de 100 juegos de arte. El costo de mantener inventarios es de \$18 por juego

al año, y el costo de un faltante es de \$50 por juego por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿cuál es el inventario de seguridad que debe manejarse?

Demanda durante el periodo de reorden	Probabilidad
0	.1
50	.2
ROP → 100	.4
150	.2
200	.1
	1.0

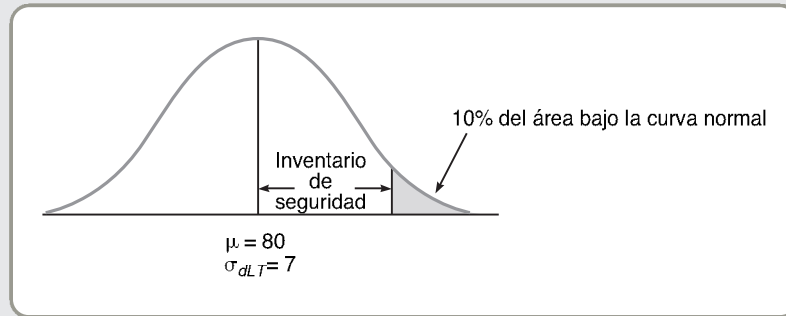
Solución

Inventario de seguridad	Costos incrementales		
	Costo de mantener	Costo por faltantes	Costo total
0	0	$50 \times (50 \times 0.2 + 100 \times 0.1) = 1,000$	\$1,000
50	$50 \times 10 = 500$	$50 \times (0.1 \times 50) = 250$	750
100	$100 \times 10 = 1,000$	0	1,000

El inventario de seguridad que minimiza el costo incremental total es de 50 juegos. Entonces, el punto de reorden se convierte en 100 juegos + 50 juegos, o bien 150 juegos.

Problema resuelto 12.6

¿Qué inventario de seguridad debe mantener Ron Satterfield Corporation si sus ventas medias son de 80 durante el periodo de reorden, la desviación estándar es 7, y puede tolerar faltantes un 10% del tiempo?

Solución

De acuerdo con el apéndice I, Z en un área de .9 (o $1 - .10$) = 1.28, y la ecuación (12-14):

$$\begin{aligned}\text{Inventario de seguridad} &= Z\sigma_{dLT} \\ &= 1.28(7) = 8.96 \text{ unidades, o } 9 \text{ unidades}\end{aligned}$$

Problema resuelto 12.8

La demanda diaria de televisores de plasma de 52" en Sarah's Discount Emporium se distribuye en forma normal, con un promedio de 5 y desviación estándar de 2 unidades. El tiempo esperado

para recibir un embarque de televisores nuevos es de 10 días y muy constante. Determine el punto de reorden y el inventario de seguridad para un nivel de servicio del 95 por ciento.

Solución

El ROP para esta demanda variable y tiempo de entrega constante utiliza la ecuación (12-15):

$$\text{ROP} = (\text{Demanda diaria promedio} \times \text{Tiempo de entrega en días}) + Z\sigma_{dLT}$$

$$\text{donde } \sigma_{dLT} = \sigma_d \sqrt{\text{Tiempo de entrega}}$$

Por lo tanto, con $Z = 1.65$,

$$\begin{aligned}\text{ROP} &= (5 \times 10) + 1.65(2)\sqrt{10} \\ &= 50 + 10.4 = 60.4 \approx 60 \text{ TVs}\end{aligned}$$

El inventario de seguridad es de 10.4, o aproximadamente 10 televisores.

Problema resuelto 12.9

En el hospital Arnold Palmer, la demanda para un paquete quirúrgico especializado es de 60 por semana, casi todas las semanas. El tiempo de entrega de McKesson, su principal proveedor, se dis-

tribuye normalmente con una media de 6 semanas para este producto y desviación estándar de 2 semanas. Se desea un nivel de servicio semanal del 90%. Encuentre el ROP.

Solución

Aquí la demanda es constante y el tiempo de entrega es variable, con datos dados en semanas y no en días. Aplicamos la ecuación (12-16):

$$\text{ROP} = (\text{Demanda semanal} \times \text{Tiempo de entrega promedio en semanas}) + Z(\text{Demanda semanal})\sigma_{LT}$$

$$\text{donde } \sigma_{LT} = \text{desviación estándar del tiempo de entrega en semanas} = 2$$

Entonces, con $Z = 1.28$, para un nivel de servicio del 90%:

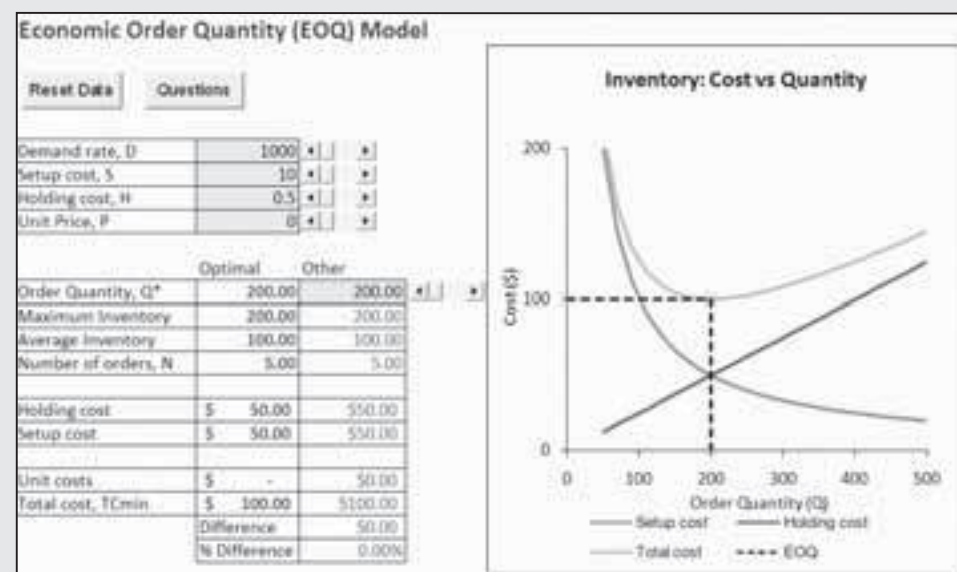
$$\begin{aligned}\text{ROP} &= (60 \times 6) + 1.28(60)(2) \\ &= 360 + 153.6 = 513.6 \approx 514 \text{ paquetes quirúrgicos}\end{aligned}$$

Autoevaluación

- **Antes de realizar la autoevaluación, revise los objetivos de aprendizaje enlistados al inicio del capítulo y los términos clave relacionados al final del capítulo.**
 - **Revise sus respuestas en el apéndice V.**
 - **Vuelva a estudiar las páginas que correspondan a cada pregunta que respondió incorrectamente o al material sobre el cual se sienta inseguro.**
1. El análisis ABC divide el inventario actual en tres clases con base en:
 - a) el precio unitario
 - b) el número de unidades disponibles
 - c) la demanda anual
 - d) los valores monetarios anuales
 2. El conteo cíclico:
 - a) proporciona una medida de la rotación de inventarios
 - b) supone que todos los registros de inventario deben verificarse con la misma frecuencia
 - c) es un proceso mediante el cual los registros de inventario se verifican periódicamente
 - d) todas las respuestas anteriores son correctas
 3. La industria de los servicios está mejorando la administración de inventarios a través de una serie de métodos. Entre éstos se incluyen:
 - a) merma y robo
 - b) buena selección de personal
 - c) código de barras de mercancía entrante y saliente
 - d) incisos a y b
 - e) incisos b y c
 4. Por lo general, los costos anuales por mantener inventario son:
 - a) menores al 6% del valor del inventario
 - b) de entre un 6% y un 9% del valor del inventario
 - c) de entre el 9% y el 12% del valor del inventario
 - d) de entre un 12% y un 15% del valor del inventario
 - e) mayores al 15% del valor del inventario
 5. La(s) diferencia(s) entre el modelo básico EOQ y el modelo de la cantidad económica a producir es(son) que:
 - a) el modelo de la cantidad económica a producir no requiere el supuesto de que la demanda es constante y conocida
 - b) el modelo EOQ no requiere el supuesto de que el tiempo de entrega es insignificante
 - c) el modelo de la cantidad económica a producir no requiere el supuesto de la entrega instantánea
 - d) todas las respuestas anteriores son correctas
 6. Las unidades adicionales mantenidas en inventario para reducir faltantes se llaman:
 - a) punto de reorden
 - b) inventario de seguridad
 - c) inventario justo a tiempo
 - d) todas las respuestas anteriores son correctas
 7. Las dos preguntas más importantes sobre el inventario que responde el modelo típico de inventarios son:
 - a) cuándo colocar una orden y el costo de la orden
 - b) la elección de colocar una orden y cuánto ordenar de un artículo
 - c) cuánto ordenar de un artículo y el costo de la orden
 - d) cuánto ordenar de un artículo y con quién debe colocarse la orden
 8. Por lo general, el nivel adecuado del inventario de seguridad está determinado por:
 - a) la minimización de un costo esperado por faltantes
 - b) la elección del nivel del inventario de seguridad que permita un nivel de servicio dado
 - c) la conservación de un inventario de seguridad suficiente para eliminar todos los faltantes.
 9. La precisión del registro de inventarios puede mejorarse mediante:
 - a) conteo cíclico
 - b) puntos de reorden
 - c) análisis ABC
 - d) todas las respuestas anteriores

Ejercicio de modelo activo

En este modelo activo se exploran los principios de una decisión de inventarios típica y la sensibilidad del modelo a cambios en la demanda y los costos. Se usan los datos de los ejemplos 3, 4 y 5.



◀ Modelo activo 12.1

Análisis EOQ de los datos presentados en los ejemplos 3, 4 y 5 para Sharp Inc.

Preguntas

1. ¿Cuál es la EOQ y cuál es el costo total más bajo?
2. ¿Cuál es el costo anual por *mantener* inventario en la EOQ y el costo anual de *ordenar* inventario con una EOQ de 200 unidades?
3. A partir de la gráfica, ¿qué se puede concluir acerca de la relación entre el costo total más bajo y los costos de ordenar y mantener inventario?
4. ¿Cuánto se incrementa el costo total si el gerente de la tienda solicita 50 agujas hipodérmicas más que la EOQ? ¿Y si solicita 50 agujas hipodérmicas menos?
5. Si la demanda se duplica, ¿qué ocurre con la EOQ y el costo total? ¿Qué sucede si se duplica el costo de mantener inventario?
6. Recorra la línea de los valores de costo de preparación más bajos y describa los cambios ocurridos en la gráfica. ¿Qué sucede con la EOQ?
7. Comente la sensibilidad del modelo EOQ a los errores de estimación de la demanda o los costos.

Ejercicios para el estudiante

Consulte en nuestro sitio web o en el CD-ROM los materiales de apoyo disponibles para este capítulo.



En nuestro sitio web

- Exámenes de autoestudio
- Problemas de práctica
- Recorrido por una compañía virtual
- Casos en internet
- Presentación en Power Point



En el CD-ROM del estudiante

- Problemas de práctica
- Ejercicios de modelo activo
- Excel OM
- Archivos de datos de los ejemplos en Excel OM
- POM para Windows



En el CD-ROM de videos

- Video clips
- Caso en video

Preguntas para análisis

1. Describa los cuatro tipos de inventario.
2. Con el auge de la computación de bajo costo, ¿ve usted alternativas para las populares clasificaciones ABC?
3. ¿Cuál es el propósito del sistema de clasificación ABC?
4. Identifique y explique los tipos de costo involucrados en un sistema de inventarios.
5. Explique los supuestos más importantes del modelo básico EOQ.
6. ¿Cuál es la relación de la cantidad económica a ordenar con la demanda? ¿Con el costo de mantener inventarios? ¿Con el costo de preparación?
7. Explique por qué no es necesario incluir el costo del producto (precio o precio multiplicado por cantidad) en el modelo EOQ, pero sí lo es en el modelo de descuentos por cantidad.
8. ¿Cuáles son las ventajas del conteo cíclico?
9. ¿Qué impacto tiene en la EOQ la disminución del tiempo de preparación?
10. Cuando se ofrecen descuentos por cantidad, ¿por qué no es necesario revisar los puntos de descuento que están debajo de la EOQ o los puntos que están arriba de la EOQ que no son puntos de descuento?
11. ¿Qué se entiende por *nivel de servicio*?
12. Explique lo siguiente: estando todas las cosas igual, la cantidad del inventario de producción será mayor que la cantidad económica a ordenar.
13. Describa la diferencia que hay entre un sistema de inventarios de cantidad fija (Q) y uno de periodo fijo (P).
14. Explique qué significa la expresión “modelo robusto”. Específicamente, ¿qué le diría a un gerente que exclama: “¡Estamos en problemas! Calculamos mal la EOQ. La demanda real es un 10% mayor que la estimada”.
15. ¿Qué es “inventario de seguridad”? ¿Contra qué protege el inventario de seguridad?
16. Cuando la demanda no es constante, el punto de reorden es una función de cuatro parámetros, ¿cuáles son éstos?
17. ¿Cómo se monitorean los niveles de inventario en las tiendas al menudeo?
18. Describa la principal ventaja y la principal desventaja de un sistema de periodo fijo (P).

Dilema ético

El hospital Wayne Hills localizado en el pequeño pueblo de Wayne, Nebraska, enfrenta un problema que afecta por igual a grandes hospitales urbanos y a pequeñas clínicas rurales, como ésta. El problema es decidir cuánta sangre de cada tipo debe tenerse en inventario. Por el alto costo de la sangre y su corto tiempo de vida en anaquel (hasta 5 semanas en refrigeración entre 1 y 6°C), es natural que Wayne Hills desee mantener el inventario tan bajo como sea posible. Por desgracia, los desastres sufridos en el pasado, como un tornado y el descarrilamiento de un tren, demostraron que se pier-

den vidas cuando no se dispone de sangre suficiente para hacer frente a necesidades masivas. El administrador del hospital quiere establecer un 85% de nivel de servicio con base en la demanda presentada durante la última década. Analice las implicaciones de esta decisión. ¿Cuál es la responsabilidad del hospital con respecto al almacenamiento de medicamentos necesarios para salvar vidas cuando éstos tienen una vida útil en anaquel muy breve? ¿Cómo establecería usted el nivel del inventario para bienes de consumo como la sangre?

Problemas*

•• **12.1** L. Houts Plastics es una gran fábrica de plásticos moldeados por inyección basada en Carolina del Norte. Una investigación sobre la instalación manufacturera de la compañía localizada en Charlotte genera la información que se presenta en la tabla siguiente. ¿Cómo clasificaría la planta estos artículos de acuerdo con el sistema de clasificación ABC?

Niveles de inventario de L. Houts Plastics en Charlotte

# de código del artículo	Inventario promedio (unidades)	Valor (\$/unidad)
1289	400	3.75
2347	300	4.00
2349	120	2.50
2363	75	1.50
2394	60	1.75
2395	30	2.00
6782	20	1.15
7844	12	2.05
8210	8	1.80
8310	7	2.00
9111	6	3.00 Px

• **12.2** Boreki Enterprises tiene los siguientes 10 artículos en inventario. Theodore Boreki acaba de solicitar que usted, un recién graduado de AO, divida estos artículos en clasificaciones ABC. ¿Qué informe entregaría usted?

Artículo	Demanda anual	Costo/unidad
A2	3,000	\$ 50
B8	4,000	12
C7	1,500	45
D1	6,000	10
E9	1,000	20
F3	500	500
G2	300	1,500
H2	600	20
I5	1,750	10
J8	2,500	5 Px

•• **12.3** El restaurante de Jean Marie Bourjolly tiene los siguientes artículos en inventario, para los cuales coloca órdenes semanales:

Artículo en inventario	\$ Valor/Caja	# Ordenado/Semana
Filete Rib Eye	135	3
Cola de langosta	245	3
Pasta	23	12
Sal	3	2
Servilletas	12	2
Salsa de tomate	23	11
Papas fritas	43	32
Pimienta	3	3
Ajo en polvo	11	3
Bolsas para basura	12	3
Manteles	32	5
Filetes de pescado	143	10
Costillas para asado	166	6
Aceite	28	2

*Nota: **Px** significa que el problema se resuelve con POM para Windows y/o Excel OM.

Artículo en inventario	\$ Valor/Caja	# Ordenado/Semana
Lechuga (caja)	35	24
Pollos	75	14
Libreta de órdenes	12	2
Huevos (caja)	22	7
Tocino	56	5
Azúcar	4	2

a) ¿Cuál es el artículo más costoso, usando el volumen monetario anual?

b) ¿Cuáles son los artículos C?

c) ¿Cuál es el volumen monetario anual para los 20 artículos? **Px**

• **12.4** Howard Electronics, una pequeña fábrica de equipo electrónico para investigación, tiene en su inventario alrededor de 7,000 artículos y contrató a Joan Blasco-Paul para administrarlo. Joan determinó que un 10% de los artículos en inventario son clase A, el 35% clase B, y un 55% clase C. Ella desea establecer un sistema para que los artículos A se cuenten mensualmente (cada 20 días de trabajo); los artículos B trimestralmente (cada 60 días hábiles), y los artículos C semestralmente (cada 120 días de trabajo). ¿Cuántos artículos deben contarse cada día?

• **12.5** La escuela de capacitación en computadoras de William Beville, basada en Richmond, tiene en inventario libros de ejercicios con las siguientes características:

Demanda $D = 19,500$ unidades por año

Costo por ordenar $S = \$25$ la orden

Costo de mantener $H = \$4$ por unidad por año

a) Calcule la EOQ para los libros de ejercicios.

b) ¿Cuáles son los costos anuales por mantener los libros de ejercicios?

c) ¿Cuáles son los costos anuales de ordenar? **Px**

• **12.6** Si $D = 8,000$ por mes, $S = \$45$ por orden, y $H = \$2$ por unidad por mes, ¿cuál es la cantidad económica a ordenar? **Px**

•• **12.7** El bufete legal de Henry Crouch acostumbra ordenar 60 unidades de repuesto de tinta a la vez. La empresa estima que los costos por manejo son de un 40% de los \$10 del costo unitario, y la demanda anual es de alrededor de 240 unidades. Los supuestos del modelo básico EOQ son aplicables. ¿Para qué valor del costo de ordenar será óptima su acción?

• **12.8** La tienda de Madeline Thimmes, Dream Store, vende camas de agua y artículos relacionados. La demanda anual de su cama más vendida es de 400 unidades. El costo de ordenar es de \$40, mientras que el costo de mantener es de \$5 por unidad por año.

a) Para minimizar el costo total, ¿cuántas unidades deben solicitarse cada vez que se coloca una orden?

b) Si el costo de mantener fuera de \$6 por unidad en lugar de \$5, ¿cuál sería la cantidad óptima a ordenar? **Px**

• **12.9** Southeastern Bell mantiene en inventario ciertos conectores en su almacén central para abastecer a las oficinas de servicio. La demanda anual de estos conectores es de 15,000 unidades. Southeastern estima que el costo anual de mantener este artículo es de \$25 por unidad. El costo de ordenar es de \$75. La compañía opera 300 días al año y el tiempo de entrega de una orden por parte del proveedor es de 2 días de trabajo.

a) Encuentre la cantidad económica a ordenar.

b) Determine los costos de mantener inventarios anuales.

c) Encuentre los costos anuales de ordenar.

d) ¿Cuál es el punto de reorden? **Px**

• **12.10** El tiempo de entrega de uno de sus productos con más ventas es de 21 días. La demanda durante este periodo es de 100 unidades por día en promedio. ¿Cuál sería el punto de reorden apropiado?

• **12.11** La demanda anual de carpetas en Duncan's Stationary Shop es de 10,000 unidades. Dana Duncan abre su negocio 300 días al año y sabe que su proveedor tarda generalmente 5 días hábiles en entregar las órdenes. Calcule el punto de reorden para las carpetas que Dana almacena.

•• **12.12** Thomas Kratzer es el gerente de ventas en las oficinas generales de una gran cadena de seguros que tiene una operación de inventarios centralizada. El artículo en inventario que más se vende tiene una demanda de 6,000 unidades por año. El costo de cada unidad es de \$100, y el costo por mantener inventarios es de \$10 por unidad por año. El costo de ordenar promedio es de \$30 por orden. Para que una orden llegue pasan aproximadamente 5 días, y la demanda para una semana es de 120 unidades. (Esta es una operación corporativa, y hay 250 días hábiles al año).

- a) ¿Cuál es la EOQ?
- b) ¿Cuál es el inventario promedio si se usa la EOQ?
- c) ¿Cuál es el número óptimo de órdenes por año?
- d) ¿Cuál es el número óptimo de días entre dos órdenes cualesquiera?
- e) ¿Cuál es el costo anual de ordenar y mantener inventarios?
- f) ¿Cuál es el costo del inventario total anual, incluyendo el costo de las 6,000 unidades? **Px**

•• **12.13** El taller de maquinaria de Joe Henry usa 2,500 ménsulas a lo largo de un año. Estas ménsulas se compran a un proveedor que se encuentra a 90 millas de distancia. Se tiene la siguiente información sobre las ménsulas:

Demanda anual:	2,500
Costo de mantener por ménsula por año:	\$1.50
Costo de ordenar por pedido:	\$18.75
Tiempo de entrega:	2 días
Días de trabajo al año:	250

- a) Dada la información anterior, ¿cuál sería la cantidad económica a ordenar (EOQ)?
- b) Dada la EOQ, ¿cuál sería el inventario promedio? ¿Cuál sería el costo anual de mantener inventarios?
- c) Dada la EOQ, ¿cuántas órdenes se colocarán cada año? ¿Cuál sería el costo de ordenar anual?
- d) Dada la EOQ, ¿cuál es el costo total anual del inventario?
- e) ¿Cuál es el tiempo entre órdenes?
- f) ¿Cuál es el punto de reorden (ROP)? **Px**

•• **12.14** Myriah Fitzgibbon, de L. A. Plumbing, utiliza 1,200 partes de cierta refacción que cuesta \$25 ordenar y tiene un costo anual de mantener de \$24.

- a) Calcule el costo total para tamaños de orden de 25, 40, 50, 60 y 100 partes.
- b) Identifique la cantidad económica a ordenar y considere las implicaciones de cometer errores en el cálculo de la cantidad económica a ordenar. **Px**

••• **12.15** M. Cotteleer Electronics provee circuitos de microcomputadoras a una compañía que incorpora los microprocesadores en refrigeradores y otros electrodomésticos. La demanda anual de uno de los componentes es de 250 unidades y es constante a lo largo del año. Se estima que el costo de mantener es de \$1 por unidad por año, y que el costo de ordenar es de \$20 por pedido.

- a) Para minimizar el costo, ¿cuántas unidades deben pedirse cada vez que se coloca una orden?
- b) ¿Cuántas órdenes se necesitan al año con la política óptima?

- c) ¿Cuál es el inventario promedio si se minimizan los costos?
- d) Suponga que el costo de hacer la orden no es de \$20, y que Cotteleer ha ordenado 150 unidades cada vez que coloca una orden. Para que esta política de ordenar ($Q = 150$) sea óptima, determine cuál debería ser el costo de ordenar. **Px**

•• **12.16** Race One Motors es un fabricante indonesio de automóviles. En su mayor instalación de manufactura, en Yakarta, la compañía produce subcomponentes a una tasa de 300 por día, y usa estos subcomponentes a una tasa de 12,500 al año (de 250 días hábiles). Los costos de mantener inventario son de \$2 por artículo por año, y los costos de ordenar son de \$30 por orden.

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a producir?
- b) ¿Cuántas corridas de producción se harán al año?
- c) ¿Cuál será el máximo nivel de inventarios?
- d) ¿Qué porcentaje del tiempo la compañía estará produciendo componentes?
- e) ¿Cuál es el costo anual de ordenar y mantener inventarios? **Px**

•• **12.17** Radovilsky Manufacturing Company de Hayward, California, produce luces intermitentes para juguetes. La compañía opera sus instalaciones 300 días al año. Cuenta con órdenes por casi 12,000 luces al año y tiene una capacidad de producción de 100 al día. Preparar la producción de luces cuesta \$50. El costo de cada luz es de \$1. El costo de mantener es de \$0.10 por luz por año.

- a) ¿Cuál es el tamaño óptimo de la corrida de producción?
- b) ¿Cuál es el costo promedio anual de mantener el inventario?
- c) ¿Cuál es el costo promedio anual de preparación?
- d) ¿Cuál es el costo total anual, incluido el costo de las luces? **Px**

•• **12.18** Arthur Meiners es el gerente de producción en Wheel-Rite, una pequeña fábrica de partes de metal. Wheel-Rite abastece a Cal-Tex, una importante compañía ensambladora, 10,000 cojinetes de llanta cada año. Esta orden se mantiene estable desde hace algún tiempo. El costo de preparación de Wheel-Rite es de \$40, y el costo de mantener por unidad por año es de \$0.60. Wheel-Rite produce 500 cojinetes de llanta al día. Cal-Tex es un fabricante justo a tiempo y requiere embarcar 50 unidades cada día hábil.

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a producir?
- b) ¿Cuál es el número máximo de cojinetes que debe tener Wheel-Rite en su inventario?
- c) ¿Cuántas corridas de producción de cojinetes realizará Wheel-Rite en un año?
- d) ¿Cuál es el costo total de preparación + el costo total de mantener inventario para Wheel-Rite? **Px**

•• **12.19** Cesar Rogo Computers, una cadena de tiendas de hardware y software basada en Mississippi, surte dispositivos de memoria y almacenamiento tanto a clientes comerciales como de carácter educativo. En la actualidad enfrenta la siguiente decisión de ordenar relacionada con la compra de CD-ROM:

$$D = 36,000 \text{ discos}$$

$$S = \$25$$

$$H = \$0.45$$

$$\text{Precio de compra} = \$0.85$$

$$\text{Precio de descuento} = \$0.82$$

$$\text{Cantidad necesaria para calificar para el descuento} = 6,000 \text{ discos}$$

¿Rogo debe aprovechar el descuento? **Px**

•• **12.20** Bell Computers compra circuitos integrados a \$350 por unidad. El costo de mantener es de \$35 por unidad por año, el costo de ordenar es de \$120 por orden, y las ventas se mantienen estables en 400 al mes. El proveedor de la compañía, Rich Blue Chip Manufacturing, Inc., decide ofrecer concesiones de precio con la

intención de atraer pedidos más grandes. La estructura de precios se muestra a continuación.

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y el costo mínimo con el que Bell Computers ordena, compra y mantiene estos circuitos integrados?

Estructura de precios para los circuitos de Rich Blue

Cantidad comprada	Precio/Unidad
1–99 unidades	\$350
100–199 unidades	\$325
200 o más unidades	\$300

- b) Bell Computers desea usar un costo de mantener del 10% en vez del costo de mantener fijo de \$35 que se usó en el inciso a. ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y cuál es el costo óptimo? **PX**

•• **12.21** Wang Distributors tiene una demanda anual de detectores de metal para aeropuertos de 1,400 unidades. El costo de un detector típico es de \$400. Se estima que el costo por manejo es un 20% del costo unitario y que el costo de ordenar es de \$25. Si Ping Wang, el dueño, solicita 300 o más unidades, obtendría un 5% de descuento sobre el costo de los detectores. ¿Deberá Wang aprovechar el descuento por cantidad? **PX**

•• **12.22** La gerente de abastecimiento del hotel La Vista, Lisa Ferguson, está contrariada por la cantidad de cubiertos que pierde cada semana. La última noche de viernes, cuando su personal trató de poner la mesa para 500 personas, no hubo suficientes cuchillos. Lisa decidió que necesitaba ordenar un poco más de cubiertos, pero quiere tomar ventaja de cualquier descuento por cantidad que le ofrezca su proveedor.

Para un pedido pequeño (2,000 piezas o menos) el proveedor establece un precio de \$1.80 por pieza.

Si ordena entre 2,001 y 5,000 piezas, el precio baja a \$1.60 por pieza.

Una orden de 5,001 a 10,000 piezas lleva el precio a \$1.40 por pieza, y de 10,001 en adelante el precio es de \$1.25

Los costos de ordenar de Lisa son de \$200 por orden, sus costos anuales por mantener son del 5%, y la demanda anual es de 45,000 piezas. Para la mejor alternativa:

- a) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar?
 b) ¿Cuál es el costo anual de mantener?
 c) ¿Cuál es el costo anual de ordenar (preparar)?
 d) ¿Cuáles son los costos anuales de los cubiertos con una cantidad a ordenar óptima?
 e) ¿Cuál es el costo anual total, que incluye ordenar, de mantener y comprar los cubiertos? **PX**

•• **12.23** Rocky Mountain Tire Center vende al año 20,000 llantas de un tipo en particular. El costo de ordenar es de \$40 por pedido y el costo de mantener es un 20% del precio de compra de las llantas por año. El precio de compra es de \$20 por llanta si se piden menos de 500 llantas a la vez; \$18 por llanta si se ordenan más de 500 llantas pero menos de 1,000, y \$17 por llanta si se piden 1,000 o más llantas. ¿Cuántas llantas debe pedir Rocky Mountain cada vez que coloca una orden? **PX**

•• **12.24** M. P. VanOyen Manufacturing publicó una licitación para comprar un componente de sus reguladores. La demanda esperada es de 700 unidades por mes. Sus alternativas son comprar el componente en Allen Manufacturing o en Baker Manufacturing. Sus listas de precios se muestran en la tabla siguiente. El costo de ordenar es de \$50 y el costo anual de mantener inventario es de \$5 por unidad.

Allen manufacturing		Baker manufacturing	
Cantidad	Precio unitario	Cantidad	Precio unitario
1–499	\$16.00	1–399	\$16.10
500–999	15.50	400–799	15.60
1,000+	15.00	800+	15.10

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar?
 b) ¿Qué proveedor debe elegirse? ¿Por qué?
 c) ¿Cuál es la cantidad óptima a ordenar y el costo total anual que incluye ordenar, comprar y mantener el componente? **PX**

••• **12.25** Chris Sandvig Irrigation, Inc., resumió la lista de precios de cuatro proveedores potenciales de una válvula de control subterránea. Ve a la tabla siguiente. El uso anual es de 2,400 válvulas; el costo de ordenar es de \$10 por pedido y los costos anuales de mantener el inventario son de \$3.33 por unidad.

¿Qué vendedor debe elegirse y cuál es la mejor cantidad a ordenar si Sandvig Irrigation quiere minimizar su costo total?

Vendedor A		Vendedor B	
Cantidad	Precio	Cantidad	Precio
1–49	\$35.00	1–74	\$34.75
50–74	34.75	75–149	34.00
75–149	33.55	150–299	32.80
150–299	32.35	300–499	31.60
300–499	31.15	500+	30.50
500+	30.75		

Vendedor C		Vendedor D	
Cantidad	Precio	Cantidad	Precio
1–99	\$34.50	1–199	\$34.25
100–199	33.75	200–399	33.00
200–399	32.50	400+	31.00
400+	31.10		PX

••• **12.26** Emery Pharmaceutical emplea un compuesto químico inestable cuyo manejo requiere un ambiente con temperatura y humedad controladas. Emery usa 800 libras por mes de este químico y estima un costo de mantener del 50% del precio de compra (por la descomposición) y un costo de ordenar de \$50 por pedido. A continuación se presentan los programas de costos de dos proveedores.

Vendedor 1		Vendedor 2	
Cantidad	Precio/lb	Cantidad	Precio/lb
1–499	\$17.00	1–399	\$17.10
500–999	16.75	400–799	16.85
1,000+	16.50	800–1,199	16.60
		1,200+	16.25

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar para cada proveedor?
 b) ¿Qué cantidad debe ordenarse y cuál es el proveedor a elegir?
 c) ¿Cuál es el costo total para la cantidad óptima a ordenar?
 d) ¿Qué factores deben considerarse además del costo total? **PX**

•• **12.27** Barbara Flynn está a cargo de mantener el inventario en el Hospital General. El año pasado, la demanda promedio durante el tiempo de entrega de vendas BX-5 fue de 60 (y tenía distribución normal). Además, la desviación estándar para las BX-5 fue 7. La señora Flynn desearía un nivel de servicio del 90%.

- a) ¿Qué nivel de inventario de seguridad recomienda usted para las BX-5?
 b) ¿Cuál es el punto de reorden adecuado? **PX**

•• **12.28** Con base en la información disponible, la demanda del tiempo de entrega para computadoras personales promedia 50 unidades (con distribución normal), la desviación estándar es de 5 unidades. La administración desea un nivel de servicio del 97%.

- a) ¿Qué valor Z debe aplicarse?
 b) ¿Cuántas unidades deben mantenerse en el inventario de seguridad?
 c) ¿Cuál es el punto de reorden adecuado? **PX**

••• **12.29** Las sillas de ratán de Authentic Thai (como la que se muestra en la fotografía de esta página) se entregan una vez al año a la cadena de tiendas minoristas The Kathmandu Shop, de Cary Schwartz. El punto de reorden sin inventario de seguridad es de 200 sillas. El costo por manejo de las sillas es de \$30 por unidad por año, y el costo por faltantes es \$70 por unidad por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿qué inventario de seguridad debe mantenerse?

Demanda durante el periodo de reorden	Probabilidad
0	0.2
100	0.2
200	0.2
300	0.2
400	0.2



•• **12.30** Cargamentos de tabaco son enviados desde Carolina del Norte a un fabricante de cigarros basado en Camboya una vez al año. El punto de reorden, sin inventario de seguridad, es de 200 kilos. El costo por manejo es de \$15 por kilo por año, y el costo por faltantes es de \$70 por kilo por año. Dadas las siguientes probabilidades de demanda durante el periodo de reorden, ¿qué inventario de seguridad debe mantenerse?

Demanda durante el periodo de reorden (kilos)	Probabilidad
0	0.1
100	0.1
200	0.2
300	0.4
400	0.2

••• **12.31** Mr. Beautiful, una organización que vende juegos de entrenamiento para el control de peso, tiene un costo de ordenar de \$40 para el juego BB-1. (BB-1 por Body Beautiful número 1). El costo por manejo del BB-1 es de \$5 por juego por año. Para satisfacer la demanda, Mr. Beautiful pide grandes cantidades del BB-1 siete veces al año. Se estima que el costo por faltantes del BB-1 es de \$50 por juego. En los últimos años, Mr. Beautiful ha observado la siguiente demanda durante el tiempo de entrega del BB-1:

Demanda durante el tiempo de entrega	Probabilidad
40	.1
50	.2
60	.2
70	.2
80	.2
90	.1
	1.0

El punto de reorden para el BB-1 es de 60 juegos. ¿Qué nivel de inventario de seguridad debe mantenerse para el BB-1? **Px**

•• **12.32** El hotel Hard Rock de Chicago distribuye un promedio de 1,000 toallas para baño al día en la piscina y en las habitaciones de los huéspedes. Tomando como base la ocupación, esta demanda se distribuye normalmente con una desviación estándar de 100 toallas al día. La empresa de lavandería que tiene el contrato de lavado requiere un tiempo de entrega de 2 días. El hotel espera un nivel de servicio del 98% para satisfacer las expectativas de sus huéspedes.
 a) ¿Cuál es el ROP?
 b) ¿Cuál es el inventario de seguridad? **Px**

•• **12.33** First Printing tiene contratos con empresas jurídicas basadas en San Francisco para sacar copias de los documentos de sus juicios. La demanda diaria permanece casi constante en 12,500 páginas. El tiempo de entrega para el papel que usa First se distribuye normalmente con una media de 4 días y desviación estándar de 1 día. Se espera un nivel de servicio del 97%. Calcule el ROP de First. **Px**

••• **12.34** Gainesville Cigar almacena puros cubanos que tienen tiempos de entrega variables por la dificultad existente en la importación del producto. El tiempo de entrega se distribuye normalmente con una media de 6 semanas y desviación estándar de 2 semanas. La demanda también es variable y se distribuye normalmente con una media de 200 puros por semana y desviación estándar de 25 puros. Para un nivel de servicio del 90%, ¿cuál es el ROP? **Px**

• **12.35** Louisiana Power and Light hace una orden de postes para servicio el primer día hábil de cada mes a su proveedor basado en Oregon. El valor meta es de 40 postes en este sistema de periodo fijo (sistema P). Es el momento de ordenar y hay 5 postes en inventario. Por un retraso en el embarque del mes anterior, está por llegar una orden anterior de 18 postes. ¿Cuántos postes deben ordenarse ahora?

••• **12.36** Kim Clark le pide a usted que le ayude a determinar la mejor política de ordenar para un nuevo producto. El pronóstico de demanda para este nuevo producto es de unas 1,000 unidades al año. Para que tenga una idea de los costos de ordenar y mantener, Kim le proporciona la lista de los costos del año pasado; considera que son apropiados para el nuevo producto.

Factor de costo	Costo (\$)	Factor de costo	Costo (\$)
Impuestos para el almacén	2,000	Suministros de almacén	280
Inspección de llegada y recepción	1,500	Investigación y desarrollo	2,750
Desarrollo de nuevos productos	2,500	Salarios y sueldos de compras	30,000
Costos del departamento de contabilidad para pagar facturas	500	Salarios y sueldos de almacén	12,800
Seguro del inventario	600	Robo de inventario	800
Publicidad de producto	800	Suministros para órdenes de compra	500
Daños	750	Obsolescencia del inventario	300
Envío de órdenes de compra	800	Gastos generales del departamento de compras	1,000

Kim también le dijo que estos datos se refieren a 10,000 artículos que se manejan o almacenaron durante el año. Usted determinó también que el año anterior se colocaron 200 órdenes. Su trabajo como nuevo administrador de operaciones es ayudar a Kim para que establezca la cantidad óptima a ordenar para el nuevo producto.

••••12.37 Emarpy Appliance es una compañía que produce todo tipo de electrodomésticos grandes. El presidente de Emarpy, Bud Banis, está preocupado por la política de producción del refrigerador que más se vende. Su demanda anual ha permanecido aproximadamente constante en 8,000 unidades al año. La capacidad de producción es de 200 unidades por día. Cada vez que inicia su producción, llevar los materiales al lugar, restablecer la línea de ensamble, y limpiar el equipo le cuesta \$120 a la compañía. El costo por mantener cada refrigerador es de \$50 por año. De acuerdo con el plan de producción actual, en cada corrida de producción deben fabricarse 400 refrigeradores. Suponga que cada año tiene 250 días hábiles.

- a) ¿Cuál es la demanda diaria de este producto?
- b) Si la compañía sigue fabricando 400 unidades cada vez que inicia la producción de refrigeradores, ¿cuántos días debe continuar la producción?
- c) Con la política de producción actual, ¿cuántas corridas de producción serán necesarias al año? ¿Cuál será el costo anual de preparación?
- d) Si continúa la política de producción actual, ¿cuántos refrigeradores habrá en inventario cuando concluya la producción? ¿Cuál será el nivel promedio del inventario?
- e) Si la compañía produce 400 refrigeradores a la vez, ¿cuál será el costo total anual de preparación y el costo de mantener?

- f) Si Bud Banis desea minimizar el costo total anual del inventario, ¿cuántos refrigeradores debe fabricar en cada corrida de producción? ¿Cuánto ahorraría la compañía en el costo del inventario en comparación con la política actual de fabricar 400 refrigeradores en cada corrida de producción? **PX**

••••12.38 Una tienda de café *gourmet* localizada en el centro de San Francisco está abierta 200 días al año y vende un promedio diario de 75 libras de café Kona en grano. (Se puede suponer que la demanda se distribuye normalmente con una desviación estándar de 15 libras al día). Después de ordenar (costo fijo = \$16 por orden), los granos siempre se embarcan desde Hawaii en exactamente 4 días. Los costos anuales de mantener el café en grano son de \$3.

- a) ¿Cuál es la cantidad económica a ordenar (EOQ) para el café Kona en grano?
- b) ¿Cuáles son los costos anuales totales de mantener inventarios para el café Kona en grano?
- c) ¿Cuáles son los costos anuales totales por ordenar café Kona en grano?
- d) Suponga que la administración ha especificado que no se puede aceptar un riesgo mayor al 1% de que ocurra un faltante. ¿Cuál debe ser el punto de reorden (ROP)?
- e) ¿Cuál es el inventario de seguridad necesario para lograr un riesgo del 1% en la ocurrencia de faltantes durante el tiempo de entrega?
- f) ¿Cuál es el costo anual de mantener un nivel de inventario de seguridad que garantice el riesgo del 1%?
- g) Si la administración especificó que se puede aceptar un riesgo del 2% en la ocurrencia de faltantes durante el tiempo de entrega, ¿el costo de mantener el inventario de seguridad disminuye o aumenta?

Estudio de casos

Zhou Bicycle Company

Zhou Bicycle Company (ZBC), ubicada en Seattle, es una cadena mayorista que distribuye bicicletas y refacciones. La compañía fue constituida en 1981 por el profesor Yong-Pin Zhou de la Universidad de Washington, y sus principales tiendas se encuentran ubicadas en un radio de 400 millas alrededor del centro de distribución. Estas tiendas reciben el pedido de ZBC en el transcurso de 2 días después de notificar al centro de distribución, siempre que haya inventario disponible. Sin embargo, si la compañía no cubre un pedido, no se hace ningún pedido nuevo; las tiendas se las arreglan para obtener el pedido de otros distribuidores, y ZBC pierde cierta parte del negocio.

La compañía ZBC distribuye una amplia variedad de bicicletas. El modelo más popular, y la fuente de ingresos más importante para la empresa, es la AirWing. ZBC recibe todos los modelos desde un solo fabricante basado en China, y los embarques tardan 4 días en llegar después de colocar la orden. Con el costo de comunicación, papeleo y la holgura incluidos, ZBC estima que cada vez que se coloca una orden incurre en un costo de \$65. El precio de compra pagado por ZBC, por bicicleta, es aproximadamente un 60% del precio al menudeo sugerido para todos los estilos disponibles, y el costo del manejo de inventarios es un 1% mensual (12% anual) del precio de compra pagado por ZBC. El precio de venta (pagado por los clientes) para la AirWing es de \$170 por bicicleta.

ZBC está interesada en hacer un plan de inventarios para 2008. La empresa quiere mantener un nivel de servicio del 95% con sus clientes a fin de minimizar las pérdidas por órdenes no cubiertas. Los datos recopilados durante los últimos 2 años se resumen en la tabla siguiente. Se ha desarrollado un pronóstico de ventas para el modelo AirWing en 2008 y se usará para que ZBC realice su plan de inventarios.

Demandas para el modelo AirWing

Mes	2006	2007	Pronóstico para 2008
Enero	6	7	8
Febrero	12	14	15
Marzo	24	27	31
Abril	46	53	59
Mayo	75	86	97
Junio	47	54	60
Julio	30	34	39
Agosto	18	21	24
Septiembre	13	15	16
Octubre	12	13	15
Noviembre	22	25	28
Diciembre	38	42	47
Total	343	391	439

Preguntas para análisis

1. Desarrolle un plan de inventarios para ayudar a ZBC.
2. Analice los ROP y los costos totales.
3. ¿Cómo podría usted enfrenar una demanda que no esté al nivel del horizonte de planeación?

Fuente: Profesor Kala Chand Seal, Loyola Marymount University.

Sturdivant Sound Systems

Sturdivant Sound Systems fabrica y vende sistemas de sonido para el hogar y el automóvil. Todas las partes del sistema de sonido, excepto los reproductores DVD, se producen en la planta de Rochester, Nueva York. Los reproductores DVD que se integran al ensamble de los sistemas Sturdivant se compran a Morris Electronics en Concord, New Hampshire.

Mary Kim, la agente de compras de Sturdivant, entrega una orden de compra de reproductores de DVD cada 4 semanas. Los requerimientos anuales de la compañía suman 5,000 unidades (20 por día hábil), con un costo unitario de \$60. (Sturdivant no compra en cantidades más grandes porque Morris Electronics no ofrece descuentos por cantidad). Ya que Morris promete entregar la mercancía a más tardar una semana después de recibir la orden de compra, por lo general pocas veces hay faltantes de los DVD. (El tiempo total entre la fecha de la orden y la recepción es de 5 días).

La compra de cada embarque se asocia con algunos costos de adquisición. Estos costos son de \$20 por orden e incluyen preparar la orden, inspeccionar y almacenar los bienes del embarque, actualizar los registros del inventario, y emitir un comprobante y un cheque para el pago. Además de los costos de adquisición, Sturdivant

incurre en costos de mantener inventario que comprenden seguro, almacenamiento, manejo e impuestos, etc. Estos costos suman \$6 por unidad por año.

En un intento por mejorar las utilidades, a partir de agosto de este año la administración de Sturdivant iniciará un programa de control de costos en toda la compañía. Un área que se someterá a riguroso escrutinio es la de adquisición de inventarios.

Preguntas para análisis

1. Calcule la cantidad óptima a ordenar para los reproductores de DVD.
2. Determine el punto de reorden adecuado (en unidades).
3. Calcule los ahorros en costos que obtendrá la compañía si implanta la decisión óptima para la adquisición de inventarios.
4. ¿Deben los costos de adquisición considerarse una función lineal del número de órdenes?

Fuente: Reimpreso con autorización del profesor Jerry Kinard, Western Carolina University.

Control de inventarios en Wheeled Coach

Caso en video

Controlar el inventario es uno de los problemas más difíciles de resolver para Wheeled Coach. La administración sabe que al operar de acuerdo con una estrategia de personalización masiva y respuesta rápida, el éxito depende del control estricto de su inventario. De cualquier otra forma, el resultado es incapacidad para entregar con prontitud, caos en la línea de ensamble, y una cuantiosa inversión en inventario. Wheeled Coach sabe que de los \$40,000 a \$100,000 que cuesta cada vehículo, casi un 50% se aplica a la compra de materiales. Una gran porción de este 50% se asigna a la compra del chasis (a Ford), del aluminio (a Reynolds Metal), y de la chapa de madera que se usa para construir pisos y gabinetes (a proveedores locales). En consecuencia, Wheeled Coach da seguimiento a los artículos A del inventario, manteniendo un estrecho control y seguridad, y ordenando con sumo cuidado para maximizar los descuentos por cantidad y minimizar el inventario. Como los tiempos de entrega de Reynolds son largos, el aluminio debe ordenarse hasta con 8 meses de anticipación.

En la atestada industria de las ambulancias, donde es el único gigante, sus 45 competidores no tienen el suficiente poder de compra como para aprovechar los mismos descuentos que Wheeled Coach. Pero esta ventaja competitiva en el costo no se puede tomar a la ligera, según comenta su presidente Bob Collins. “El conteo cíclico en

nuestros almacenes es crítico. Ninguna pieza puede salir de nuestros almacenes sin que se refleje en un listado de materiales”.

Para que los productos se construyan a tiempo, se requiere precisión en las listas de materiales. Además, por la naturaleza personalizada de cada vehículo, la mayoría de los órdenes se ganan sólo después de un proceso de licitación. Una lista de materiales precisa también resulta crucial para estimar los costos a considerar en la oferta de la licitación. Por estas razones, Collins fue enfático al precisar la necesidad de que Wheeled Coach mantuviera un control de inventarios ejemplar. El *Perfil global de una compañía* sobre Wheeled Coach (que abre el capítulo 14) ofrece más información acerca del control de inventarios para las ambulancias y el proceso de producción.

Preguntas para análisis*

1. Explique la forma en que Wheeled Coach implementa el análisis ABC.
2. Si usted fuera gerente de control de inventarios en Wheeled Coach, ¿qué políticas y técnicas adicionales pondría en marcha para asegurar la exactitud de los registros del inventario?
3. ¿Cómo procedería usted para implementar estas sugerencias?

*Quizá desee ver este caso en su DVD antes de responder a las preguntas.

Estudio de casos adicionales

Estudio de caso en internet: visite nuestro sitio web para consultar este estudio de casos:

- **Southwestern University F:** La universidad debe decidir cuántos programas ordenar para el día del juego, y a quién hacerle el pedido.
- **LaPlace Power and Light:** Esta compañía de abastecimiento está evaluando sus políticas de inventario actuales.

Harvard ha seleccionado estos casos de Harvard Business School para complementar este capítulo:

harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu

- **Pioneer Hi-Bred International, Inc. (#898-238):** Aborda los retos de la administración de inventarios en una compañía agroindustrial grande y compleja.
- **L.L. Bean, Inc., Item Forecasting and Inventory (#893-003):** La compañía debe balancear costos por tener demasiado o muy poco inventario cuando la demanda de artículos por catálogo es incierta.
- **Blanchard Importing and Distribution Co., Inc. (#673-033):** Ilustra dos tipos de errores graves que resultan del uso de modelos EOQ.

Bibliografía

- Abernathy, Frederick H., *et al.* "Control Your Inventory in a World of Lean Retailing". *Harvard Business Review* 78, núm. 6 (noviembre-diciembre de 2000): 169-176.
- Arnold, David. "Seven Rules of International Distribution". *Harvard Business Review* 78, núm. 6 (noviembre-diciembre de 2000): 131-137.
- Arnold, J. R. y S. Chapman. *Introduction to Materials Management*, 5ta. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2004).
- Balakrishnan, R., B. Render y R. M. Stair. *Managerial Decision Modeling with Spreadsheets*. 2da. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2007).
- Bradley, James R. y Richard W. Conway. "Managing Cyclic Inventories". *Production and Operations Management* 12, núm. 4 (invierno de 2003): 464-479.
- Cannon, Alan R. y Richard E. Crandall. "The Way Things Never Were". *APICS The Performance Advantage* (enero de 2004): 32-35.
- Chapman, Stephen. *Fundamentals of Production Planning and Control*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2006).
- Chopra, Sunil, Gilles Reinhardt y Maqbool Dada. "The Effect of Lead Time Uncertainty on Safety Stocks". *Decision Sciences* 35, núm. 1 (invierno de 2004): 1-24.
- Coleman, B. Jay. "Determining the Correct Service Level Target". *Production and Inventory Management Journal* 41, núm. 1 (primer trimestre de 2000): 19-23.
- Corsten, Daniel, and Nirmalya Kumar. "Profits in the Pie of the Beholder". *Harvard Business Review* (mayo de 2003): 22-23.
- Landvater, D. V. *World Class Production and Inventory Management*. Newburg, NH: Oliver Wight Publications (1997).
- Noblitt, James M. "The Economic Order Quantity Model: Panacea or Plague?". *APICS The Performance Advantage* (febrero de 2001): 53-57.
- Robison, James A. "Inventory Profile Analysis". *Production and Inventory Management Journal* 42, núm. 2 (segundo trimestre de 2001): 8-13.
- Rubin, Paul A. y W. C. Benton. "A Generalized Framework for Quantity Discount Pricing Schedules". *Decision Sciences* 34, núm. 1 (invierno de 2003): 173-188.
- Sell, William H. "Recovering Value from I.O.S.". *APICS The Performance Advantage* (noviembre-diciembre de 2003): 50-53.
- Vollmann, T. E., W. L. Berry, D. C. Whybark y F. R. Jacobs. *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*, 5ta. ed. Burr Ridge, IL: Irwin/McGraw (2005).
- Witt, Clyde E. "Mobile Warehouse Supplies U.S. Marines in Iraq". *Material Handling Management* 60, núm. 8 (agosto de 2005): 24-25.
- Zipkin, Paul, *Foundations of Inventory Management*. Nueva York: Irwin/McGraw-Hill (2000).

Recursos en internet

APICS: The Educational Society for Resource Management:
www.apics.org
 Center for Inventory Management:
www.inventorymanagement.com

Institute of Industrial Engineers: www.iienet.org
 Inventory Control Forum: www.cris.com/kthill/sites.htm