

Planeación de los requerimientos de materiales (MRP) y ERP

14

CAPÍTULO

ESQUEMA DEL CAPÍTULO

PERFIL GLOBAL DE UNA COMPAÑÍA: *Wheeled Coach*

- * Demanda dependiente 554
- * Requerimientos del modelo de inventario dependiente 554
- * Estructura MRP 559
- * Administración MRP 563
- * Técnicas para determinar el tamaño del lote 564
- * Extensiones de la MRP 568
- * MRP en los servicios 571
- * Planeación de los recursos de la empresa (ERP) 572



10
DECISIONES
ESTRATÉGICAS DE
AO

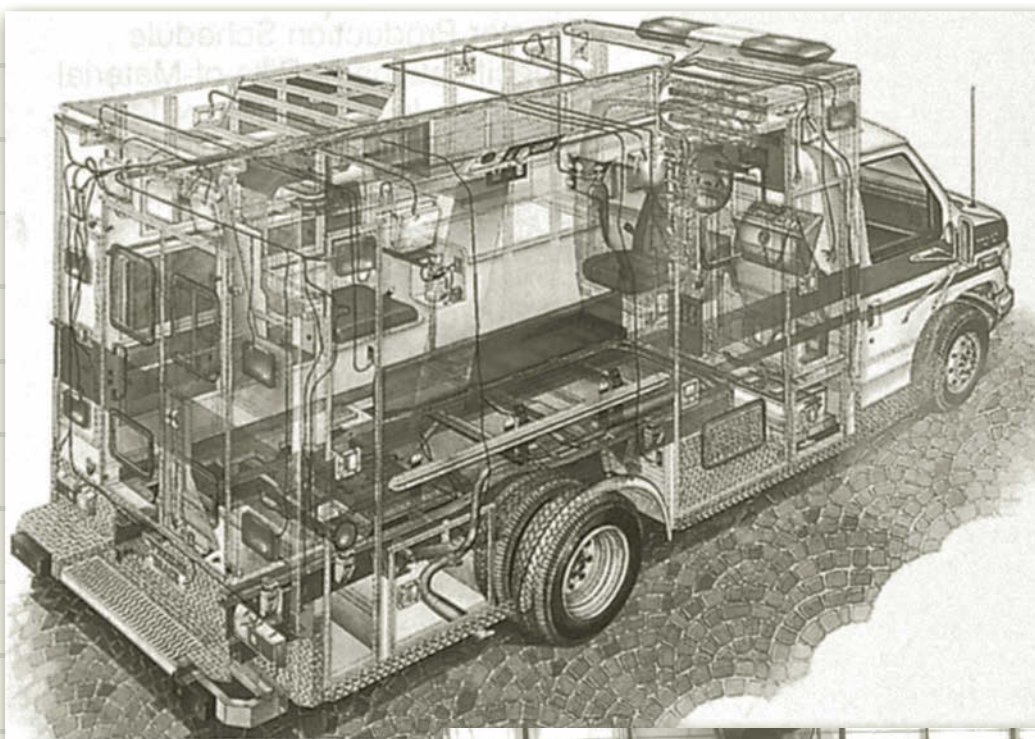
- Diseño de bienes y servicios
- Administración de la calidad
- Estrategia del proceso
- Estrategias de localización
- Estrategias de distribución de instalaciones
- Recursos humanos
- Administración de la cadena de suministro

- *Administración del inventario*
 - Demanda independiente (cap. 12)
 - ***Demanda dependiente (cap. 14)***
 - JIT y operaciones esbeltas (cap. 16)
- Programación
- Mantenimiento

**PERFIL GLOBAL
DE UNA COMPAÑÍA**
Wheeled Coach

La MRP le proporciona una ventaja competitiva a Wheeled Coach

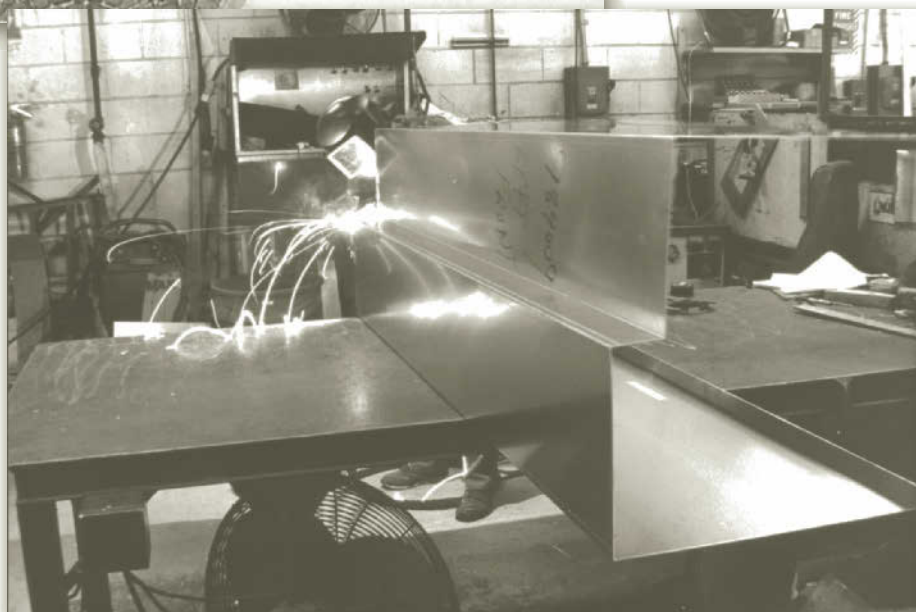
Wheeled Coach, con sede en Winter Park, Florida, es el fabricante de ambulancias más grande del mundo. Esta empresa de 200 millones de dólares compite en los mercados internacionales y vende más del 25% de sus vehículos fuera de Estados Unidos. Los doce diseños de ambulancia más importantes se producen en líneas de ensamble (es decir, en un proceso repetitivo) en la planta de Florida usando 18 000 artículos de inventario diferentes, de los



Este esquema detallado del interior de una ambulancia indica la complejidad del producto que, para algunas poblaciones rurales, puede ser el equivalente en miniatura de la sala de urgencias de un hospital. Para complicar la producción, casi todas las ambulancias se fabrican sobre pedido. Esta personalización exige precisión en los pedidos, excelencia en las listas estructuradas de materiales, control excepcional del inventario desde el proveedor hasta el ensamble, y un sistema MRP que funcione.

Wheeled Coach

Wheeled Coach usa células de trabajo para alimentar la línea de ensamble. Mantiene un taller de carpintería completo (para elaborar los gabinetes interiores), un taller de pintura (para preparar, pintar y detallar cada vehículo), un taller eléctrico (para proporcionar los complejos equipos electrónicos de una ambulancia moderna), un taller de tapicería (para hacer los asientos y bancas interiores) y, como se observa en la fotografía, un taller de fabricación de partes metálicas (para construir la carrocería de la ambulancia).



Wheeled Coach Industries Incorporated

cuales 6000 son partes fabricadas y 12000, compradas. La mayor parte de la línea de producto se diseña a la medida y se ensambla para satisfacer los requerimientos específicos, y a menudo únicos, demandados por las aplicaciones de la ambulancia y las preferencias del cliente.

Esta variedad de productos y la naturaleza del proceso exigen una buena planeación de los requerimientos de materiales (MRP). El uso efectivo de los sistemas MRP necesita exactitud en las listas estructuradas de materiales y los registros de inventario. El sistema de Wheeled Coach proporciona la actualización diaria y ha reducido el inventario en más del 30% en sólo dos años.

Wheeled Coach insiste en que se realicen cuatro tareas clave de manera adecuada. Primero, el plan de acopio de materiales debe satisfacer tanto los requerimientos del programa

maestro como las capacidades de la instalación de producción. Segundo, el plan debe ejecutarse tal como se diseñó. Tercero, la inversión en inventarios debe disminuirse al mínimo a través de una entrega “escalonada” efectiva de materiales, inventarios a consignación, y revisión constante de los métodos de compra. Por último, debe mantenerse una excelente integridad en los registros. La precisión de los registros se reconoce como un ingrediente fundamental del exitoso programa MRP de Wheeled Coach. Sus recuentos del ciclo se cargan con auditorías de materiales que no sólo corrigen los errores, sino que también investigan y corrigen los problemas.

Industrias Wheeled Coach utiliza la MRP como un catalizador para el bajo nivel de inventario, la alta calidad, los programas estrictos y los registros precisos. Wheeled Coach ha encontrado una ventaja competitiva mediante la MRP. ▀



Wheeled Coach Industries Incorporated

▀ Cada día, las ambulancias avanzan a la siguiente estación de trabajo en cinco líneas de ensamble paralelas. El sistema MRP asegura que durante la noche lleguen a cada estación de trabajo sólo aquellos materiales necesarios para el ensamble del día siguiente.

En la fotografía, un empleado instala el cableado para una ambulancia. En cada vehículo de Wheeled Coach hay un promedio de 15 millas de cable. Esto puede compararse con las 17 millas de cable instalado en un sofisticado jet de combate F-16. ▸



Wheeled Coach

- OA1** *Desarrollar* una estructura de producto 557
- OA2** *Elaborar* un plan de requerimientos brutos 560
- OA3** *Elaborar* un plan de requerimientos netos 561
- OA4** *Determinar* los tamaños de lote mediante las técnicas de lote por lote, EOQ y POQ 565
- OA5** *Describir* la MRP II 568
- OA6** *Describir* la MRP de ciclo cerrado 570
- OA7** *Describir* la ERP 572

Demanda dependiente

TIP PARA EL ESTUDIANTE

“Demanda dependiente” significa que la demanda para un artículo está relacionada con la demanda para otro.

Wheeled Coach, el objeto del *Perfil global de una compañía*, y muchas otras empresas han encontrado beneficios importantes en la MRP. Estos beneficios incluyen (1) una mejor respuesta a las órdenes de los clientes como resultado de apegarse más a los programas, (2) una respuesta más rápida a los cambios en el mercado, (3) una utilización mejorada de las instalaciones y la mano de obra, y (4) niveles más bajos de inventario. Una mejor respuesta a las órdenes de los clientes y al mercado significa obtener pedidos y participación de mercado. La mejor utilización de las instalaciones y mano de obra genera una mayor productividad y ganancias sobre la inversión. Menos inventario libera espacio para otros usos. Estos beneficios son el resultado de la decisión estratégica de usar un sistema de programación de inventarios *dependiente*. La demanda de cada componente del inventario para integrar una ambulancia es dependiente.

La demanda de artículos es dependiente cuando es posible determinar la relación entre ellos. Por lo tanto, una vez que la gerencia recibe un pedido o pronostica la demanda para el producto final, es posible calcular las cantidades requeridas de todos los componentes, porque todos son artículos con demanda dependiente. Por ejemplo, el administrador de operaciones de Boeing Aircraft, quien programa la producción de un avión por semana, conoce los requerimientos hasta el último remache. Para cualquier producto, todos sus componentes son artículos con demanda dependiente. *De manera más general, las técnicas de demanda dependiente deben usarse con cualquier artículo para el cual se pueda establecer un programa.*

Cuando se cumplen los requerimientos de MRP, los modelos dependientes son preferibles a los modelos EOQ que se describen en el capítulo 12.¹ Los modelos de demanda dependiente no sólo son mejores para los fabricantes y distribuidores, sino también para una amplia variedad de empresas que van desde restaurantes hasta hospitales. La técnica de demanda dependiente que se emplea en los ambientes de producción se llama *planeación de los requerimientos de materiales (MRP)*.

Debido a que un sistema MRP proporciona una estructura muy clara para la demanda dependiente, ha evolucionado hasta constituir la base de lo que se conoce como planeación de los recursos de la empresa (ERP). La ERP es un sistema de información utilizado para identificar y planear la adquisición de los amplios recursos empresariales necesarios para tomar, fabricar, embarcar y contabilizar las órdenes del cliente. El sistema ERP se analizará en la parte final de este capítulo.

Requerimientos del modelo de inventario dependiente

El uso efectivo de los modelos de inventario dependiente requiere que el administrador de operaciones conozca lo siguiente:

1. El programa de producción maestro (qué debe hacerse y cuándo).
2. Las especificaciones o la lista estructurada de materiales (materiales y partes necesarias para elaborar el producto).
3. El inventario disponible (qué hay en existencia).
4. Las órdenes de compra pendientes (lo que está pedido, también se llaman recepciones esperadas).
5. Los tiempos de entrega (cuánto tiempo tardan en llegar los distintos componentes).

A continuación se estudiará cada uno de estos requerimientos en el contexto de la planeación de los requerimientos de materiales.

¹Los modelos de inventario (EOQ) analizados en el capítulo 12 suponen que la demanda de un artículo es independiente de la demanda de otro. Por ejemplo, el modelo EOQ asume que la demanda de partes de un refrigerador es *independiente* de la demanda de refrigeradores y que esa demanda de partes es constante.

La MRP no adopta ninguno de estos supuestos.

Planeación de los requerimientos de materiales (MRP)

Una técnica de demanda dependiente que usa una lista estructurada de materiales, inventario, facturación esperada y un programa de producción maestro para determinar los requerimientos de materiales.

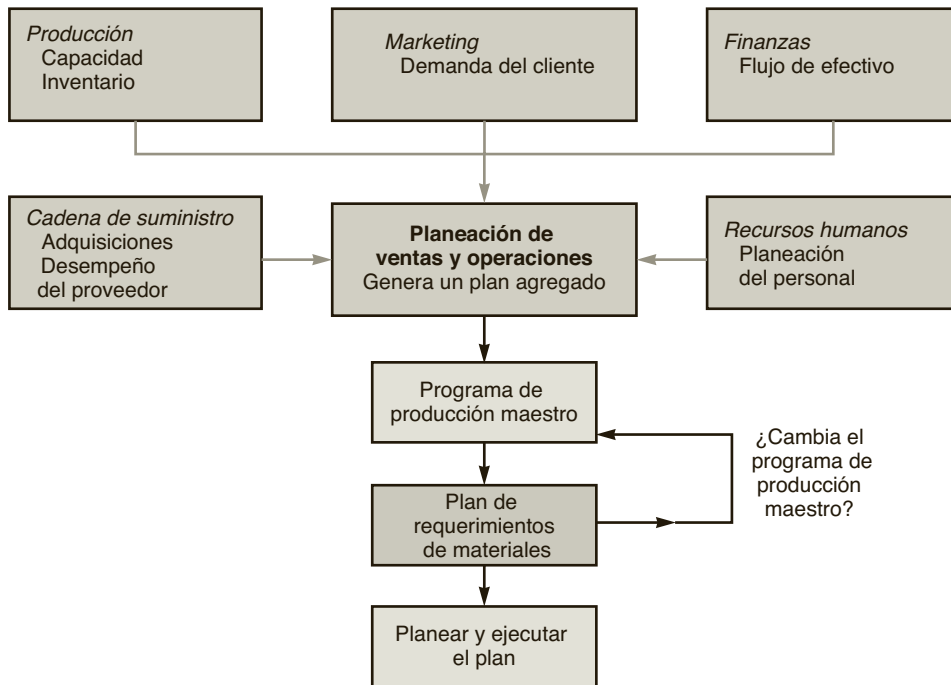


Figura 14.1
El proceso de planeación

Programa de producción maestro

El programa de producción maestro (MPS) especifica qué debe hacerse (es decir, el número de productos o artículos terminados) y cuándo. Este programa debe estar en concordancia con el plan agregado. El plan agregado establece el nivel global de producción en términos generales (por ejemplo, familias de productos, horas estándar o volumen en dinero). El plan, que por lo regular desarrolla el equipo de planeación de ventas y operaciones, incluye una variedad de entradas, como planes financieros, demanda del cliente, capacidades de ingeniería, disponibilidad de mano de obra, fluctuaciones del inventario, desempeño del proveedor y otras consideraciones. Cada una de estas entradas contribuye a su manera con el plan agregado, como se muestra en la figura 14.1.

A medida que el proceso de planeación pasa del plan agregado a la ejecución, cada plan de nivel inferior debe ser factible. Cuando alguno de estos planes no lo es, se usa la retroalimentación hacia el nivel inmediato superior para hacer los ajustes necesarios. Una de las principales fortalezas de los programas MRP es su capacidad para determinar con exactitud la factibilidad de un programa dentro de las restricciones de capacidad agregada. Este proceso de planeación puede generar excelentes resultados. El plan agregado establece los límites superior e inferior para el programa de producción maestro.

El programa de producción maestro nos dice cómo satisfacer la demanda al especificar qué artículos hacer y cuándo hacerlos: *desagrega* el plan agregado. Mientras que el *plan agregado* (analizado en el capítulo 13) se establece en términos generales como familias de productos, o toneladas de acero, el *programa de producción maestro* se establece en términos de productos específicos. En la figura 14.2 se muestran los programas de producción maestros para tres modelos de reproductores estéreo que provienen del plan agregado de producción para una familia de amplificadores estereofónicos.

Programa de producción maestro (MPS)
Una tabla de tiempo que especifica qué debe hacerse (por lo general, bienes terminados) y cuándo hacerlo.

Meses	Enero				Febrero			
Plan agregado (Muestra la cantidad total de amplificadores)	1500				1200			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Programa de producción maestro (Muestra el tipo específico y la cantidad de amplificadores que deben producirse)								
Amplificador de 240 watts	100		100		100		100	
Amplificador de 150 watts		500		500		450		450
Amplificador de 75 watts			300				100	

Figura 14.2
El plan agregado es la base para desarrollar el programa de producción maestro

TABLA 14.1

Programa de producción maestro para los macarrones con queso y pollo búfalo del Chef John

REQUERIMIENTOS BRUTOS PARA LOS MACARRONES CON QUESO Y POLLO BÚFALO DEL CHEF JOHN										
Día	6	7	8	9	10	11	12	13	14	etcétera
Cantidad	450		200	350	525		235	375		

Los administradores deben apearse al programa por un tiempo razonable (en general una porción importante del ciclo de producción; el tiempo que lleva hacer un producto). Muchas organizaciones establecen un programa de producción maestro junto con una política de no cambiar (“fijar”) la sección a corto plazo del plan. A esta sección a corto plazo se le conoce entonces como programa “fijo”, “firme” o “congelado”. Wheeled Coach, tema del *Perfil global de una compañía* en este capítulo, fija los últimos 14 días de su programa. Sólo se permite hacer cambios a las partes del plan no incluidas en el programa fijo. El programa de producción maestro es un programa de producción “rodante”. Por ejemplo, un plan fijo de 7 semanas tiene una semana adicional que se agrega al completar cada semana, de manera que se mantiene un programa fijo de 7 semanas. Observe que el programa de producción maestro es un enunciado de *lo que debe producirse* y no un *pronóstico*. El programa maestro puede expresarse en cualquiera de los siguientes términos:

- ▶ Un *pedido del cliente* en un taller de trabajo (fabricar sobre pedido; por ejemplo, talleres de impresión, talleres de maquinado, restaurantes de comida fina).
- ▶ *Módulos* en una compañía de producción repetitiva (ensamble sobre pedido o pronóstico; ejemplos: motocicletas Harley-Davidson, televisores, restaurante de comida rápida).
- ▶ Un *artículo terminado* en una compañía de producción continua (almacenar para cumplir un pronóstico; por ejemplo, acero, cerveza, pan, bombillas de luz, papel).

VIDEO 14.1

Cuando 18 500 aficionados del Orlando Magic vienen a cenar

En la tabla 14.1 se muestra un programa de producción maestro para “los macarrones con queso y pollo búfalo” de Chef John en el Amway Center del Orlando Magic.

Listas estructuradas de materiales

Definir qué va en un producto puede parecer sencillo, pero en la práctica puede resultar difícil. Como se señaló en el capítulo 5, para facilitar este proceso, los artículos manufacturados se definen mediante una lista de materiales. Una lista estructurada de materiales (BOM) es una lista de las cantidades de componentes, ingredientes y materiales requeridos para hacer un producto. Los dibujos individuales, además de describir las dimensiones físicas, detallan cualquier proceso especial y la materia prima necesaria para producir cada parte. La receta del Chef John para hacer los macarrones con queso y pollo búfalo especifica los ingredientes y sus cantidades, igual que Wheeled Coach tiene una serie completa de dibujos para describir una ambulancia. Ambas son listas estructuradas de materiales (aunque a una le llamemos receta y difiera de alguna manera en su alcance).

Una forma de definir el producto en una lista estructurada de materiales es proporcionar la estructura del producto. El ejemplo 1 muestra cómo desarrollar una estructura de producto y cómo “explorarla” para revelar los requerimientos de cada componente. En el ejemplo 1, la lista estructurada de materiales para el artículo A consiste en los artículos B y C. Los artículos ubicados arriba de cualquier nivel se denominan *padres*; los artículos ubicados abajo de cualquier nivel se llaman *componentes* o *hijos*. Por convención, en una BOM el nivel superior es el nivel 0.

Lista estructurada de materiales (BOM)

Un listado de los componentes, su descripción, y la cantidad requerida de cada uno para hacer una unidad de un producto.

VIDEO 14.2

MRP en Wheeled Coach Ambulances

Ejemplo 1

DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA DE PRODUCTO Y DE LOS REQUERIMIENTOS BRUTOS

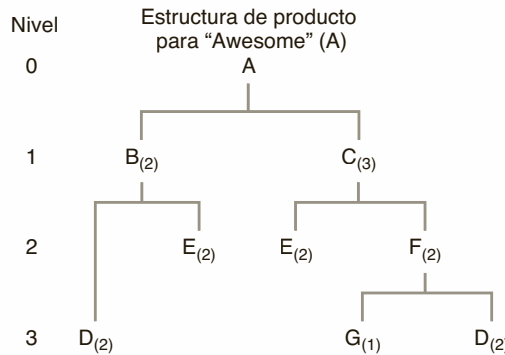
Speaker Kits, Inc., empaqueta componentes de alta fidelidad para pedidos por correo. Los componentes del mejor juego de altavoces, “Awesome” (A), incluyen dos B y tres C.

Cada B consta de dos D y dos E. Cada una de las C contiene dos F y dos E. Cada F incluye dos D y una G. Se trata de un sistema de sonido asombroso (*awesome*). (La mayor parte de los compradores requiere ayudas auditivas en 3 años, y hay por lo menos un caso pendiente en tribunales por daños estructurales en el dormitorio de una persona). Como podemos ver, la demanda de B, C, D, E, F y G es completamente dependiente del programa de producción maestro de A, los juegos de altavoces Awesome.

OA1 Desarrollar una estructura de producto

MÉTODO ► Con la información anterior se construye una estructura de producto y se “explotan” los requerimientos.

SOLUCIÓN ► Esta estructura tiene cuatro niveles: 0, 1, 2 y 3. Hay cuatro padres: A, B, C y F. Cada artículo padre tiene al menos un nivel inferior. Los artículos B, C, D, E, F y G son componentes porque cada uno tiene cuando menos un nivel superior. En esta estructura, B, C, y F son a la vez padres y componentes. El número colocado dentro del paréntesis indica cuántas unidades de ese artículo en particular se necesitan para hacer el artículo ubicado justo arriba de él. Así, B₍₂₎ significa que se requieren dos unidades de B para cada unidad de A, y F₍₂₎ significa que se requieren dos unidades de F para cada unidad de C.



dragon_fang/Shutterstock

Una vez desarrollada la estructura de producto, se puede determinar el número de unidades requeridas de cada artículo para satisfacer la demanda de un nuevo pedido de 50 juegos de altavoces Awesome. Los requerimientos se “explotan” de la siguiente manera:

Parte B:	2 × cantidad de A =	(2)(50) =	100
Parte C:	3 × cantidad de A =	(3)(50) =	150
Parte D:	2 × cantidad de B + 2 × cantidad de F =	(2)(100) + (2)(300) =	800
Parte E:	2 × cantidad de B + 2 × cantidad de C =	(2)(100) + (2)(150) =	500
Parte F:	2 × cantidad de C =	(2)(150) =	300
Parte G:	1 × número de F =	(1)(300) =	300

RAZONAMIENTO ► Ahora se tiene una presentación visual de los requerimientos para el juego de altavoces Awesome y el conocimiento de las cantidades necesarias. Así, para 50 unidades de A, se necesitarán 100 unidades de B, 150 unidades de C, 800 unidades de D, 500 unidades de E, 300 unidades de F, y 300 unidades de G.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si hay 100 F en existencia, ¿cuántas D se necesitan? (Respuesta: 600).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.1, 14.3a, 14.13a, 14.25a.

Las listas estructuradas de materiales no sólo especifican los requerimientos sino que también son útiles para determinar costos, y pueden servir como listas de artículos que deben enviarse a producción o al personal de ensamble. Cuando las listas estructuradas de materiales se emplean de esta manera suelen llamarse *listas por recoger*.

Listas modulares Las listas estructuradas de materiales pueden organizarse en torno a los módulos de producto (vea el capítulo 5). Los *módulos* no son productos terminados para la venta, sino componentes que se pueden producir y ensamblar en unidades. A menudo son componentes importantes del producto terminado o de las alternativas de producto. Las listas de materiales para los módulos se conocen como listas modulares. Las listas modulares son convenientes porque la programación de la producción y la producción en sí se facilitan al organizarse en torno a relativamente pocos módulos en lugar de a numerosos ensambles finales. Por ejemplo, una empresa fabrica 138 000 productos terminados diferentes, aunque quizá tenga sólo 40 módulos que se combinan e integran para producir los 138 000 productos finales. La empresa construye un plan agregado de producción y prepara un programa de producción maestro para los 40 módulos y no para las 138 000 configuraciones de productos finales. Este enfoque permite preparar un MPS para un número razonable de artículos. Después pueden configurarse los 40 módulos según los pedidos específicos recibidos en el ensamble final.

Listas modulares

Listas estructuradas de materiales organizadas por subensambles principales o por alternativas de producto.

Listas de planeación (o juegos)

Un agrupamiento de materiales creado con el fin de asignar un padre artificial a la lista estructurada de materiales; también se conocen como “pseudo” listas.

Listas fantasma de materiales

Listas de materiales para componentes, por lo general ensambles, que existen sólo temporalmente; nunca están en inventario.

Codificación del nivel más bajo

Un número que identifica los artículos por el nivel más bajo en que pueden ocurrir.

Listas de planeación y listas fantasma Existen también otros dos tipos especiales de listas estructuradas de materiales, las listas de planeación y las listas fantasma. Las listas de planeación (en ocasiones llamadas “pseudo” listas o súper-listas) se crean para asignar un padre artificial a la lista estructurada de materiales. Estas listas se usan cuando (1) se desea agrupar por subensambles para reducir el número de artículos presentes en la programación, y (2) se quieren enviar “juegos” al departamento de producción. Por ejemplo, tal vez no sea eficiente enviar artículos poco costosos, como arandelas y tornillos con cada uno de los numerosos subensambles, así que llamamos a esto un *juego* y generamos una lista de planeación. Esta lista de planeación específica qué *juego* debe enviarse a producción. En consecuencia, la lista de planeación también se conoce como juego de materiales, o juego. Por su parte, las listas fantasma de materiales son listas estructuradas de materiales para componentes, casi siempre subensambles, que existen sólo temporalmente. Estos componentes van directamente a otro ensamble y nunca forman parte del inventario. Por lo tanto, los componentes de las listas fantasma se codifican para recibir un trato especial; sus tiempos de entrega son de cero y se manejan como parte integral de su artículo padre. Un ejemplo de lista fantasma es un eje de transmisión con ensamble de engranes y cojinetes que se coloca directamente en una transmisión.

Codificación del nivel más bajo La codificación del nivel más bajo de un artículo incluido en una BOM es necesaria cuando existe el mismo artículo en varios niveles de la BOM. La codificación del nivel más bajo significa que el artículo recibe un código que identifica el nivel más bajo en que se utiliza. Por ejemplo, el artículo D mencionado en el ejemplo 1 se codifica según el nivel más bajo en el que se usa. El artículo D podría codificarse como parte de B y ocurre en el nivel 2. Sin embargo, como D también es parte de F y F es nivel 2, el artículo D se convierte en un artículo de nivel 3. La codificación del nivel más bajo es una convención empleada para facilitar el cálculo de los requerimientos de un artículo.

Exactitud en los registros de inventario

Como vimos en el capítulo 12, el conocimiento de lo que hay en el inventario es resultado de una buena administración de inventarios. Para que un sistema MRP funcione, es muy necesario contar con una buena administración del inventario. Si la empresa aún no logra un 99% de exactitud en sus registros, la planeación de los requerimientos de materiales no funcionará.²

Órdenes de compra pendientes

El conocimiento de los pedidos pendientes debería existir como producto secundario del buen manejo de los departamentos de compras y control de inventarios. Cuando se ejecutan las órdenes de compra, el personal de producción debe tener acceso a los registros de los pedidos y a las fechas de entrega programadas. Sólo con la información correcta de compras, el administrador puede preparar buenos planes de producción y ejecutar de manera efectiva un sistema MRP.

Tiempos de entrega para componentes

Una vez que los administradores de operaciones establecen cuándo se necesitan los productos, deben determinar cuándo adquirirlos. El tiempo requerido para adquirir un artículo (es decir, comprarlo, producirlo o ensamblarlo) se conoce como tiempo de entrega. Para un artículo manufacturado, el tiempo de entrega consiste en la suma de los tiempos necesarios para *trasladar, preparar y ensamblar o implementar una corrida* para cada componente. Para un artículo comprado, el tiempo de entrega incluye el tiempo que transcurre entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y el momento en el que el artículo está disponible para producción.

Cuando la lista estructurada de materiales para los juegos de altavoces Awesome (As), del ejemplo 1, se pone de lado y se modifica agregándole los tiempos de entrega para cada componente (vea la tabla 14.2), se tiene una *estructura de producto escalonada*. En esta estructura, el tiempo se muestra en el eje horizontal de la figura 14.3, donde el artículo A debe estar terminado en la semana 8. Después, cada componente se compensa para ajustar los tiempos de entrega.

TABLA 14.2

Tiempos de entrega para los juegos de altavoces Awesome (As)

COMPONENTE	TIEMPO DE ENTREGA
A	1 semana
B	2 semanas
C	1 semana
D	1 semana
E	2 semanas
F	3 semanas
G	2 semanas

²Una precisión del 99% en los registros puede sonar bien, pero observe que aunque el componente tenga una disponibilidad del 99% y un producto tenga sólo siete componentes, la probabilidad de que un producto se termine es de sólo 0.932 (puesto que $0.99^7 = 0.932$).

Tiempo de entrega

En los sistemas de compras, es el tiempo que transcurre entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y su recepción; en los sistemas de producción, es la suma de los tiempos de ordenar, esperar, hacer fila, preparar y correr la producción de cada componente.

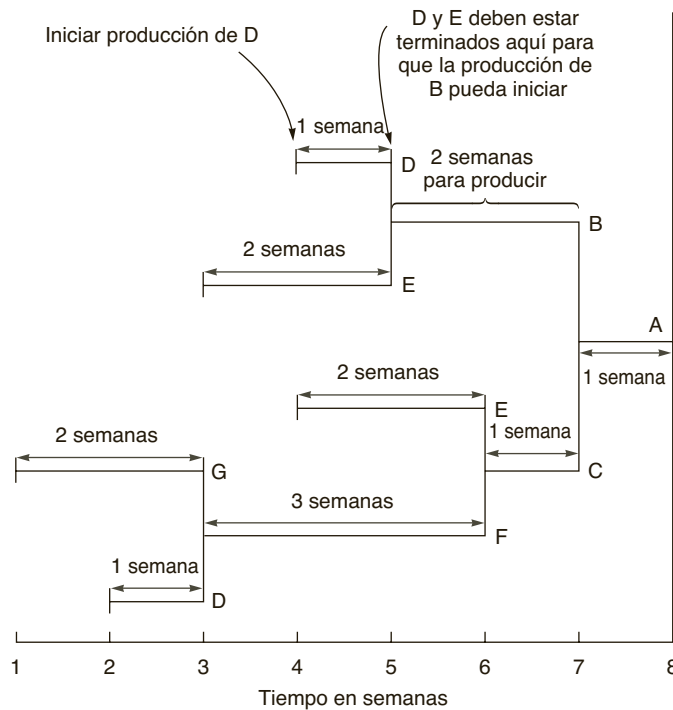


Figura 14.3
Estructura escalonada del producto

★ **TIP PARA EL ESTUDIANTE**
Ésta es una estructura de producto vista de manera lateral, con tiempos de entrega.

Estructura MRP

Aunque la mayoría de los sistemas MRP son computarizados, su procedimiento es directo y puede hacerse en forma manual. Los ingredientes de un sistema de planeación de los requerimientos de materiales (figura 14.4) son un programa de producción maestro, una lista estructurada de materiales, los registros de compras e inventarios, y los tiempos de entrega para cada artículo.

Una vez que se tienen estos ingredientes precisos, el siguiente paso es elaborar el plan de requerimientos brutos de materiales. El plan de requerimientos brutos de materiales es un programa, tal como se muestra en el ejemplo 2. Combina el programa de producción maestro (el cual requiere una unidad de A en la semana 8) con el programa escalonado (figura 14.3). Indica cuándo debe ordenarse un artículo a los proveedores si no hay artículos en inventario, o cuándo debe iniciar la producción de un artículo para satisfacer la demanda del producto terminado en una fecha particular.

Plan de requerimientos brutos de materiales

Un programa que muestra la demanda total de un artículo (antes de restar el inventario actual y las entregas programadas), así como (1) cuándo debe ordenarse a los proveedores o (2) cuándo debe iniciar la producción para satisfacer su demanda en una fecha particular.

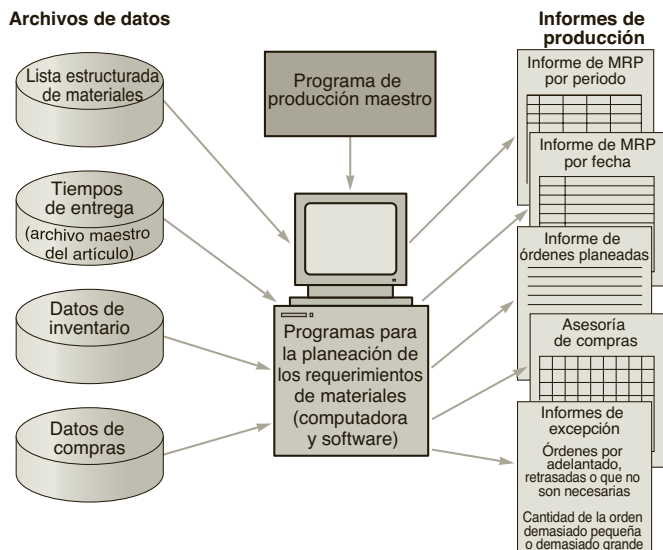


Figura 14.4
Estructura del sistema MRP

★ **TIP PARA EL ESTUDIANTE**
Los programas de software para MRP son populares porque los métodos manuales son lentos y propensos al error.

Ejemplo 2

CONSTRUCCIÓN DE UN PLAN DE REQUERIMIENTOS BRUTOS

Cada equipo de altavoces Awesome (artículo A en el ejemplo 1) requiere todos los artículos que se muestran en la estructura del producto A. Los tiempos de entrega se presentan en la tabla 14.2.

MÉTODO ► Usando la información del ejemplo 1 y la tabla 14.2, se elabora el plan de requerimientos brutos de materiales con un programa de producción que permitirá satisfacer la demanda de 50 unidades de A en la semana 8.

SOLUCIÓN ► Preparamos un programa como el que se muestra en la tabla 14.3.

TABLA 14.3

Plan de requerimientos brutos de materiales para 50 equipos de altavoces Awesome (As) con las fechas de liberación de la orden

	SEMANA								TIEMPO DE ENTREGA
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A. Fecha en que se requiere Fecha de liberación de la orden							50	50	1 semana
B. Fecha en la que se requiere Fecha de liberación de la orden					100		100		2 semanas
C. Fecha en la que se requiere Fecha de liberación de la orden						150	150		1 semana
D. Fecha en la que se requiere Fecha de liberación de la orden			200	300	200	300			2 semanas
E. Fecha en la que se requiere Fecha de liberación de la orden			300			300			3 semanas
F. Fecha en la que se requiere Fecha de liberación de la orden		600	600	200	200				1 semana
G. Fecha en la que se requiere Fecha de liberación de la orden	300		300						2 semanas

OA2 *Elaborar un plan de requerimientos brutos*

Los requerimientos brutos de material que se muestran en la tabla 14.3 pueden interpretarse de la manera siguiente: si usted desea 50 unidades de A en la semana 8, el ensamble de A debe comenzar en la semana 7. Así, en la semana 7 necesitará 100 unidades de B y 150 unidades de C. Estos artículos requieren 2 semanas y 1 semana, respectivamente, para ser producidos. Por lo tanto, la producción de B debe comenzar en la semana 5 y la producción de C en la semana 6 (el tiempo de entrega restado de la fecha en la que se requieren estos artículos). Estos mismos cálculos se pueden realizar hacia atrás para todos los otros artículos. Como D y E se usan en dos lugares diferentes de los equipos de altavoces Awesome, hay dos entradas en cada registro de datos.

RAZONAMIENTO ► El plan de requerimientos brutos de materiales muestra cuándo debe iniciar y terminar la producción de cada artículo a fin de obtener 50 unidades de A en la semana 8. Ahora la administración tiene un plan inicial.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si el tiempo de entrega para G disminuye de 2 semanas a 1, ¿cuál es la nueva fecha de liberación de la orden para G? (Respuesta: 300 en la semana 2).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.2, 14.4, 14.6, 14.8b, 14.9, 14.10a, 14.11a, 14.13b, 14.25b.

Plan de requerimientos netos

El resultado de ajustar los requerimientos brutos al inventario disponible y a las recepciones programadas.

Hasta ahora, se han considerado los *requerimientos brutos de materiales*, los cuales suponen que no hay inventario disponible. Cuando sí hay artículos en inventario se procede a preparar un plan de *requerimientos netos de materiales*. Observe que cuando se toma en cuenta el nivel de inventario, es necesario considerar que muchos de los artículos que hay en el inventario contienen subensambles o partes. Si el requerimiento bruto para los juegos de altavoces Awesome (As) es de 100 y hay 20 de esos altavoces disponibles, entonces el requerimiento neto para los juegos As es de 80 (es decir, $100 - 20$). Sin embargo, cada juego de altavoces Awesome en inventario tiene 2 B. Es decir, que el requerimiento de B baja a 40 (20 juegos de A en existencia $\times 2$ B en cada A). Por lo tanto, cuando se tiene un artículo padre en el inventario, los requerimientos de este artículo y todos sus componentes disminuyen porque cada juego Awesome contiene los componentes de los artículos de nivel más bajo. En el ejemplo 3 se muestra cómo crear un plan de requerimientos netos.

Ejemplo 3

DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS NETOS

En el ejemplo 1, Speaker Kits, Inc., desarrolló una estructura de producto a partir de una lista estructurada de materiales. En el ejemplo 2 se desarrolló un plan de requerimientos brutos. Ahora, con las siguientes existencias en inventario, Speaker Kits quiere construir un plan de requerimientos netos.

OA3 Elaborar un plan de requerimientos netos

ARTÍCULO	EN INVENTARIO	ARTÍCULO	EN INVENTARIO
A	10	E	10
B	15	F	5
C	20	G	0
D	10		

Plan de requerimientos netos de material para el producto A (El superíndice representa la fuente de la demanda)

Tamaño del lote	Tiempo de entrega (semanas)	Disponibles	Inventario de seguridad	Asignado	Código de bajo nivel	Identificación del artículo	Semana											
							1	2	3	4	5	6	7	8				
Lote por lote	1	10	—	—	0	A	Requerimientos brutos									50		
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
							Requerimientos netos											40
							Recepciones de orden planeadas											40
							Liberaciones de órdenes planeadas											40
Lote por lote	2	15	—	—	1	B	Requerimientos brutos									80 ^A		
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
							Requerimientos netos											65
							Recepciones de orden planeadas											65
							Liberaciones de órdenes planeadas									65		
Lote por lote	1	20	—	—	1	C	Requerimientos brutos									120 ^A		
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
							Requerimientos netos											100
							Recepciones de orden planeadas											100
							Liberaciones de órdenes planeadas										100	
Lote por lote	2	10	—	—	2	E	Requerimientos brutos							130 ^B	200 ^C			
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado	10	10	10	10	10	10					
							Requerimientos netos								120	200		
							Recepciones de orden planeadas								120	200		
							Liberaciones de órdenes planeadas							120	200			
Lote por lote	3	5	—	—	2	F	Requerimientos brutos								200 ^C			
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
							Requerimientos netos											195
							Recepciones de orden planeadas											195
							Liberaciones de órdenes planeadas							195				
Lot-for-Lot	1	10	—	—	3	D	Requerimientos brutos							390 ^F	130 ^B			
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado	10	10	10								
							Requerimientos netos								380	130		
							Recepciones de orden planeadas								380	130		
							Liberaciones de órdenes planeadas							380	130			
Lote por lote	2	0	—	—	3	G	Requerimientos brutos							195 ^F				
							Recepciones programadas											
							Inventario proyectado								0			
							Requerimientos netos								195			
							Recepciones de orden planeadas								195			
							Liberaciones de órdenes planeadas							195				

Recepción planeada de la orden

La cantidad que se planea recibir en una fecha futura.

Liberación planeada de la orden

La fecha programada para liberar una orden.

MÉTODO ► Un plan de requerimientos netos de materiales incluye los requerimientos brutos, el inventario disponible, los requerimientos netos, la recepción planeada de órdenes y la liberación planeada de la orden para cada artículo. Comenzamos con A y trabajamos hacia atrás para todos los componentes.

SOLUCIÓN ► En la siguiente gráfica se muestra el plan de requerimientos netos para el producto A.

La elaboración de un plan de requerimientos netos de materiales es semejante a la del plan de requerimientos brutos. Comenzando con el artículo A, trabajamos hacia atrás para determinar los requerimientos netos de todos los artículos. Para realizar estos cálculos se hace referencia a la estructura de producto, al inventario disponible y a los tiempos de entrega. El requerimiento bruto para A es de 50 unidades en la semana 8. Hay 10 artículos disponibles; por lo tanto, los requerimientos netos y la recepción planeada de la orden es de 40 artículos en la semana 8. Debido al tiempo de entrega de 1 semana, la liberación planeada de la orden es de 40 artículos en la semana 7 (vea la flecha que conecta la recepción de la orden con la liberación de ésta). En referencia a la semana 7 y a la estructura de producto presentada en el ejemplo 1, se puede ver que 80 (2×40) artículos de B y 120 (3×40) artículos de C se requieren en la semana 7 para tener un total de 50 artículos de A en la semana 8. El superíndice A colocado a la derecha de la cifra bruta para los artículos B y C se generó como resultado de la demanda para el padre, A. Al realizar este mismo tipo de análisis para B y C se obtienen los requerimientos netos para D, E, F y G. Observe que el inventario disponible en el renglón E de la semana 6 es de cero porque el inventario en existencia (10 unidades) se usó para hacer B en la semana 5. Por la misma razón, el inventario para D se usó para hacer F en la semana 3.

RAZONAMIENTO ► Una vez que se termina el plan de requerimientos netos, la administración conoce las cantidades necesarias, un programa de pedidos y un programa de producción para cada componente.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si la cantidad de inventario disponible del componente F es de 95 en vez de 5, ¿cuántas unidades de G deberán ordenarse en la semana 1? (Respuesta: 105 unidades).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.5, 14.7, 14.8c, 14.10b, 14.11b, 14.12, 14.13c, 14.14b, 14.15a,b,c, 14.16a, 14.25c, 14.27.

TIP PARA EL ESTUDIANTE ☆

La MRP de requerimientos brutos puede combinar varios productos, piezas dispersas y artículos vendidos en forma directa.

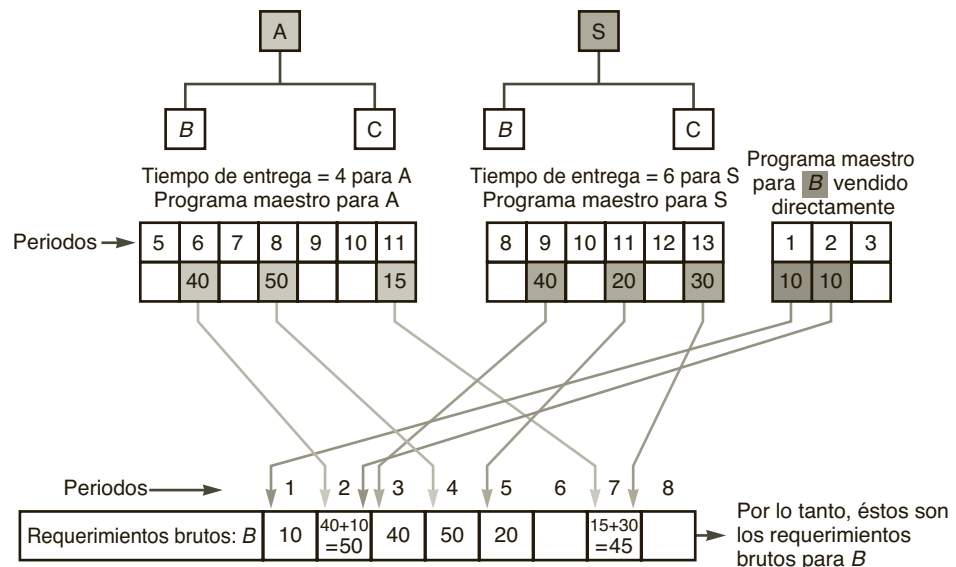
Los ejemplos 2 y 3 sólo consideran el producto A, el juego de altavoces Awesome y su terminación en la semana 8. Es decir, que se requerían 50 unidades de A en la semana 8. Sin embargo, por lo general, la demanda de productos ocurre en el tiempo. La administración debe preparar un programa de producción maestro para cada producto (como se vio en la tabla 14.1). La producción programada de cada producto se agrega al programa maestro y finalmente al plan de requerimientos netos de materiales. En la figura 14.5 se muestra cómo varios programas de productos, que incluyen los requerimientos de componentes que se venden directamente, pueden contribuir para formular un plan de requerimientos brutos de materiales.

La mayoría de los sistemas de inventarios también registran el número de unidades del inventario asignadas a alguna producción futura específica y que aún no se usa o sale del almacén. Estos artículos suelen denominarse *artículos asignados*. Los artículos asignados incrementan los requerimientos como se muestra en la figura 14.6, donde los requerimientos brutos han aumentado de 80 a 90 para reflejar los 10 artículos asignados.

Figura 14.5

Varios programas que contribuyen al programa de requerimientos brutos de B

Cada A contiene una B y cada S contiene una B; además, 10 B que se venden directamente están programadas para la semana 1, y 10 más vendidas directamente están programadas para la semana 2.



Tamaño del lote	Tiempo de entrega	Inventario actual	Inventario de seguridad	Asignadas	Código de nivel más bajo	Identificación del artículo	Periodo										
							1	2	3	4	5	6	7	8			
Lote por lote	1	0	0	10	0	Z	Requerimientos brutos									80 90	
							Recepciones programadas										0
							Inventario proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							Requerimientos netos										90
							Recepciones de órdenes planeadas										90
							Liberaciones de órdenes planeadas										90

Figura 14.6

Hoja de planeación MRP de muestra para el artículo Z

Inventario de seguridad La tarea continua de los administradores de operaciones es acabar con la variabilidad. Éste es el caso tanto en los sistemas MRP como en otros sistemas de operaciones. Sin embargo, en la realidad, los administradores deben darse cuenta de que las listas estructuradas de materiales y los registros de inventario, igual que las cantidades de compra y producción, así como los tiempos de entrega, pueden no ser perfectos. Esto significa que puede resultar prudente tener en cierta consideración el inventario de seguridad. Debido a que cualquier cambio en los requerimientos tiene un importante efecto dominó, es necesario disminuir al mínimo el inventario de seguridad teniendo como meta la eliminación total. Cuando el inventario de seguridad es absolutamente necesario, la política usual es construirlo dentro del inventario disponible proyectado de la lógica MRP. La distorsión puede disminuirse al mínimo cuando se mantiene inventario de seguridad en los niveles de producto terminado y componente comprado o materia prima.

Administración MRP

Las listas estructuradas de materiales y los planes de requerimientos de materiales se alteran cuando se modifican el diseño, los programas y los procesos de producción. Además, los requerimientos de materiales presentan cambios cada vez que se modifica el programa de producción maestro. Sin importar la causa de esos cambios, el modelo MRP se puede manipular para reflejarlos. De esta manera es posible contar con una programación de requerimientos actualizada.

Dinámica MRP

Las entradas a la MRP (el programa maestro, la BOM, los tiempos de entrega, las compras y el inventario) cambian con frecuencia. De manera conveniente, una de las fortalezas de la MRP es su capacidad para replanear de manera oportuna y precisa. Sin embargo, muchas empresas simplemente no desean responder a cambios menores en la programación o la cantidad, incluso teniendo conocimiento de ellos. Los cambios frecuentes generan lo que se conoce como **nerviosismo del sistema** y, de implementarse, pueden causar estragos en los departamentos de producción y compras. En consecuencia, el personal de AO reduce este nerviosismo evaluando la necesidad y el impacto de dichos cambios antes de distribuir solicitudes a otros departamentos. Cuando se busca disminuir el nerviosismo en los sistemas MRP, dos herramientas resultan muy útiles.

La primera de tales herramientas es la barrera de tiempo. El uso de las **barreras de tiempo** permite que un segmento del programa maestro se identifique como “no debe ser reprogramado”. Por lo tanto, este segmento no se modificará durante la regeneración periódica de la programación. La segunda herramienta es el rastreo inverso. **Rastreo inverso** significa dar seguimiento hacia arriba al artículo padre en la BOM del componente. Mediante un rastreo inverso, el planificador de producción puede determinar la causa del requerimiento y juzgar la conveniencia de realizar un cambio en la programación.

Con MRP, el administrador de operaciones *puede* reaccionar a la dinámica del mundo real. Si el nerviosismo tiene su origen en cambios legítimos, entonces la respuesta apropiada puede ser investigar el entorno de producción, no el ajuste mediante MRP.

Limitaciones de MRP

La MRP no se ocupa de la programación detallada, planea. La MRP es una excelente herramienta para las instalaciones repetitivas y enfocadas en el producto, pero tiene limitaciones en los ambientes del proceso (hacer los pedidos). Una MRP le dirá que un trabajo debe terminarse en cierta semana o día, pero no que el trabajo X debe realizarse en la máquina A a las 10:30 a.m. y completarse

Nerviosismo del sistema

Cambios frecuentes en un sistema MRP.

Barreras de tiempo

Una manera de permitir que un segmento del programa maestro se designe como “no debe ser reprogramado”.

Rastreo inverso

En los sistemas de planeación de los requerimientos de materiales, es el seguimiento hacia arriba que se le da al artículo padre en la lista estructurada de materiales del componente.

Cubos

Unidades de tiempo en un sistema de planeación de los requerimientos de materiales.

a las 11:30 a.m., de manera que entonces puede hacerse en la máquina B. La MRP también es una técnica de planeación con tiempos de entrega *fijos* que carga el trabajo en “cubos” de tamaño *infinito*. Los cubos son unidades de tiempo, por lo general de una semana. La MRP coloca el trabajo en estos cubos sin importar la capacidad. En consecuencia, a la MRP se le considera una técnica de programación *infinita*. Las técnicas para la alternativa, la programación *finita*, se analizan en el capítulo 15.

Decisión sobre el tamaño del lote

Es el proceso de, o las técnicas usadas para, determinar el tamaño de un lote.

Lote por lote

Una técnica para determinar el tamaño del lote, la cual genera justo lo que se requiere para cumplir con el plan.

Técnicas para determinar el tamaño del lote

Utilizar un sistema MRP es una excelente manera de determinar los programas de producción y los requerimientos netos. No obstante, siempre que se tiene un requerimiento neto, debe tomarse una decisión de *cuánto* ordenar. Esta decisión se llama *decisión sobre el tamaño del lote*. Existen diversas formas de determinar los tamaños de los lotes en un sistema MRP; los programas de cómputo comerciales disponibles para implementar la planeación de los requerimientos de materiales casi siempre incluyen varias técnicas para determinar el tamaño del lote. A continuación se revisan algunas de ellas.

Lote por lote En el ejemplo 3 se usó una técnica para la determinación del tamaño de un lote conocida como *lote por lote*, la cual produjo exactamente lo que se requería. Esta decisión es congruente con el objetivo de un sistema MRP, que consiste en satisfacer los requerimientos de la *demanda dependiente*. Por lo tanto, el sistema MRP debe producir unidades solamente cuando se necesitan, sin mantener inventario de seguridad y sin previsión para otros pedidos. Cuando resulta económico ordenar con frecuencia y se implementan técnicas de inventario con entregas justo a tiempo, el lote por lote puede ser muy eficiente. Sin embargo, cuando los costos de preparación son significativos, el lote por lote puede resultar costoso. En el ejemplo 4 se usa un criterio de lote por lote y se determina el costo para 10 semanas de demanda.

Ejemplo 4

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO LOTE POR LOTE

Speaker Kits, Inc., quiere calcular sus órdenes y el costo de manejar el inventario con un criterio lote por lote.

MÉTODO ► Con el criterio lote por lote, se ordena el material sólo cuando es necesario. Una vez que se tienen el costo de ordenar (preparación), el costo de mantener cada unidad para un periodo determinado, y el programa de producción, se pueden asignar órdenes al plan de requerimientos netos.

SOLUCIÓN ► Speaker Kits ha determinado que, para el **componente B**, el costo de preparación es de \$100 y el costo de mantener el inventario es de \$1 por periodo. El programa de producción, tal como se refleja en los requerimientos netos de los ensambles, es el siguiente:

Tamaño de lote con MRP: técnica de lote por lote*

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimientos brutos	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Recepciones programadas										
Inventario proyectado	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0
Requerimientos netos	0	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Recepción planeada de órdenes		30	40		10	40	30		30	55
Liberación planeada de órdenes	30	40		10	40	30		30	55	

*Costos de mantener el inventario = \$1/unidad/semana; costo de preparar = \$100; requerimientos brutos promedio por semana = 27; tiempo de entrega = 1 semana.

La solución al problema de determinar el tamaño del lote usando la técnica de lote por lote se muestra en la tabla anterior. El costo de mantener el inventario es de cero puesto que nunca hay inventario. (El inventario en el primer periodo se usa de inmediato y por lo tanto no existe costo por mantenerlo). Pero siete preparaciones diferentes (cada una asociada con una orden) generan un costo total de \$700 (Costo de mantener = $0 \times 1 = 0$; costo por ordenar = $7 \times 100 = 700$).

RAZONAMIENTO ► Cuando el suministro es confiable y los pedidos frecuentes no son caros, pero el costo de mantener o de obsolescencia es alto, las órdenes lote por lote pueden resultar ser muy eficientes.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cuál es el impacto en el costo total si el costo de mantener es de \$2 por periodo en vez de \$1? (Respuesta: el costo total de mantener el inventario sigue siendo de cero, puesto que con la técnica de lote por lote no se mantienen unidades de un periodo al siguiente).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.17, 14.20, 14.22.



John Russell/AP Wide World Photos

Esta línea de ensamble de Nissan ubicada en Smyrna, Tennessee, tiene poco inventario debido a que Nissan programa con un margen castigado. El sistema MRP ayuda a reducir el inventario a estándares de clase mundial. El ensamble de automóviles de clase mundial exige que las partes compradas tengan una rotación sólo un poco mayor que una vez al día y que la rotación en general se acerque a 150 veces al año.

Cantidad de lote económico Tal como se analizó en el capítulo 12, el EOQ puede usarse como técnica para determinar el tamaño de un lote. Pero como se indicó ahí, es preferible usar EOQ cuando existe una demanda independiente *relativamente constante*, no cuando *se conoce* la demanda. EOQ es una técnica estadística que usa promedios (como la demanda promedio para un año), mientras que el procedimiento MRP supone una demanda *conocida* (dependiente) que se refleja en el programa de producción maestro. Los administradores de operaciones deben aprovechar la información de la demanda cuando se conoce, en lugar de suponer que es constante. En el ejemplo 5 se examina la técnica EOQ.

OA4 *Determinar* los tamaños de lote mediante las técnicas de lote por lote, EOQ y POQ

Ejemplo 5

DETERMINACIÓN DE UN TAMAÑO DE LOTE CON EOQ

Con un costo de preparación de \$100 y un costo de mantener el inventario de \$1 por semana, Speaker Kits, Inc., quiere examinar su costo para el **componente B**, con tamaños de lotes basados en un criterio EOQ.

MÉTODO ► Usando el mismo costo y el mismo programa de producción que en el ejemplo 4, se determinan los requerimientos netos y los tamaños de lote EOQ.

SOLUCIÓN ► Un uso de 10 semanas es igual a un requerimiento bruto de 270 unidades; por lo tanto, el uso semanal es de 27. Un uso de 52 semanas (uso anual) es igual a 1404 unidades. Como se vio en el capítulo 12, el modelo EOQ es:

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

donde D = uso anual = 1404
 S = costo de preparación = \$100
 H = costo de mantener (manejar), por año por unidad
 = \$1 × 52 semanas = \$52

$$Q^* = 73 \text{ unidades}$$

Por lo tanto, se coloca una orden de 73 unidades, según sea necesario, para evitar faltantes.

Tamaño de lote con MRP: técnica de EOQ*

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimientos brutos	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Recepciones programadas										
Inventario proyectado	35	35	0	43	3	3	66	26	69	39
Requerimientos netos	0	30	0	0	7	0	4	0	0	16
Recepción planeada de órdenes		73			73		73			73
Liberación planeada de órdenes	73			73		73			73	

*Costos de mantener = \$1 por unidad por semana; costo de preparar = \$100; requerimientos brutos promedio por semana = 27; tiempo de entrega = 1 semana.

Para el periodo de planeación de 10 semanas:

Costo de mantener = 375 unidades × \$1 = \$375 (incluye 57 restantes al final de la semana 10)

Costo de ordenar = 4 × \$100 = \$400

Total = \$375 + \$400 = \$775

RAZONAMIENTO ► La EOQ puede ser una técnica efectiva para la determinación del tamaño de los lotes cuando la demanda es relativamente constante. Sin embargo, observe que los verdaderos costos de mantener el inventario variarán dependiendo de la tasa de uso real. De haber ocurrido cualquier faltante, esos costos también se hubieran agregado a nuestro costo EOQ real de \$775.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cuál es el impacto sobre el costo si el costo de mantener inventario es de \$2 por periodo en vez de \$1? [Respuesta: la cantidad EOQ se convierte en 52, el costo total anual teórico es entonces de \$5404, y el costo de las 10 semanas es de \$1039 (\$5404 × (10/52)).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.18, 14.20, 14.21, 14.22.

Cantidad de pedido periódica (POQ)

Una técnica para ordenar el inventario que emite pedidos en un intervalo de tiempo predeterminado, donde la cantidad a ordenar cubre el total de los requerimientos del intervalo.

Cantidad de pedido periódica La cantidad de pedido periódica (POQ) es una técnica para la determinación del tamaño de los pedidos que ordena la cantidad necesaria durante un tiempo predeterminado entre los pedidos, por ejemplo cada 3 semanas. El *intervalo de la POQ* se define como la EOQ dividida entre la demanda promedio por periodo (por ejemplo, una semana).³ La POQ es la cantidad a ordenar que cubre la demanda específica de este intervalo. *Cada cantidad a ordenar se vuelve a calcular en el momento de la liberación del pedido*, sin nunca dejar inventario extra. En el ejemplo 6 se muestra una aplicación de la POQ.

Ejemplo 6

TAMAÑO DE LOTE CON POQ

Con un costo de preparación de \$100 y un costo semanal de mantener el inventario de \$1, altavoz Kits, Inc., quiere examinar su costo para el **componente B**, con tamaños de lote basados en la POQ.

MÉTODO ► Usando el mismo costo y el mismo programa de producción que en el ejemplo 5, se determinan los requerimientos netos y los tamaños de lote POQ.

SOLUCIÓN ► El uso de diez semanas equivale a un requerimiento bruto de 270 unidades; por lo tanto, el uso semanal promedio es igual a 27 y, a partir del ejemplo 5, se sabe que la cantidad de pedido económica es de 73 unidades.

Se establece el *intervalo POQ* igual a la cantidad de pedido económica dividida entre el uso semanal promedio.

Por lo tanto:

$$\text{Intervalo POQ} = \text{EOQ/Promedio uso semanal} = 73/27 = 2.7 \text{ o } 3 \text{ semanas.}$$

El *tamaño del pedido* POQ variará por las cantidades requeridas en las respectivas semanas, como se muestra en la tabla siguiente, con la liberación prevista del primer pedido en la semana 1.

³El uso de la cantidad de pedido económica es un enfoque conveniente para determinar el tiempo entre órdenes, pero es posible utilizar otras reglas.

Nota: Las órdenes se posponen si no existe demanda, por lo que el pedido de la semana 7 se pospone hasta la semana 8.

Determinación del tamaño de lote MRP: técnica POQ*

SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimientos brutos	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Recepciones programadas										
Inventario disponible proyectado	35	35	0	40	0	0	70	30	0	55
Requerimientos netos	0	30	0	0	10	0	0	0	55	0
Recepciones de órdenes planeadas		70			80		0		85	0
Liberaciones de órdenes planeadas	70			80				85		

*Costos de mantener = \$1/unidad/semana; costo de preparación = \$100; requerimientos brutos promedio por semana = 27; tiempo de entrega = 1 semana.

Preparaciones = 3 × \$100 = \$300

Costo de mantener = (40 + 70 + 30 + 55) unidades × \$1 cada una = \$195

La solución POQ produce un costo calculado en 10 semanas de \$300 + \$195 = \$495

RAZONAMIENTO ► Dado que la POQ tiende a producir un equilibrio entre los costos de mantener inventarios y los costos por ordenar sin exceso de inventario, la POQ suele tener un mejor desempeño que la EOQ. Observe que, incluso con los nuevos cálculos frecuentes, el costo real de mantener inventarios puede variar mucho, dependiendo de las fluctuaciones de la demanda. Se supone que no hay faltantes. En éste y otros ejemplos, también se está suponiendo que no hay inventario de seguridad; tales costos deberían añadirse al costo real.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► ¿Cuál es el impacto en el costo total si el costo de mantener el inventario es de \$2 y no de \$1 por periodo? (Respuesta: EOQ = 52, intervalo POQ = 52/27 = 1.93 ≈ 2 semanas; costo de mantener el inventario = \$270; preparaciones = \$400. El costo total de la POQ se convierte en \$670).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.19, 14.20, 14.21, 14.22.

Otras técnicas para determinar el tamaño de lote, conocidas como *determinación dinámica del tamaño del lote*, son similares a la cantidad de pedido periódica en su intento de equilibrar el tamaño del lote con el costo de preparación. Éstas son el *balanceo parcial del periodo* (también llamada *costo total mínimo*), el *costo unitario mínimo* y el *costo mínimo del periodo* (también llamada *Silver-Meal*). Otra técnica, la de *Wagner-Whitin*, toma un enfoque diferente mediante el uso de la programación dinámica para optimizar el pedido en un horizonte de tiempo finito.⁴

Resumen sobre la determinación del tamaño de un lote En los tres ejemplos presentados acerca de la determinación de tamaños de lote, se encontraron los siguientes costos:

	COSTOS		
	PREPARACIÓN	MANTENER	TOTAL
Lote por lote	\$700	\$0	\$700
Cantidad de pedido económico (EOQ)	\$400	\$375	\$775
Cantidad de pedido periódico (POQ)	\$300	\$195	\$495

Sin embargo, estos ejemplos no deben llevar al personal de operaciones a obtener conclusiones apresuradas sobre la técnica preferida para resolver el tamaño de un lote. En teoría, debe calcularse un nuevo tamaño de lote cada vez que ocurra algún cambio en el programa o en el tamaño del lote en cualquier parte de la jerarquía del sistema MRP. No obstante, en la práctica estos cambios generan en el sistema la inestabilidad y el nerviosismo ya mencionados en este capítulo. En consecuencia, no se realizan cambios tan frecuentes. Esto significa que todos los tamaños de lote están equivocados porque el sistema de producción no puede responder a cambios frecuentes.

⁴Las técnicas de *balanceo parcial del periodo*, *Silver-Meal* y *Wagner-Whitin* están incluidas en el software POM para Windows y en ExcelOM.

En general, siempre que se puedan hacer entregas a bajo costo debe usarse el enfoque de lote por lote, que es la meta. Los lotes se pueden modificar cuando se necesite para tomar en cuenta el desperdicio, las restricciones del proceso (por ejemplo, un proceso de tratamiento al calor puede exigir un tamaño de lote determinado), o el tamaño de lote de materia prima comprada (por ejemplo, una carga de productos químicos puede estar disponible en un solo tamaño de lote). Sin embargo, antes de modificar cualquier tamaño de lote, es necesario tener precaución porque cualquier modificación podría ocasionar una distorsión sustancial en los requerimientos reales de los niveles inferiores de la jerarquía del sistema MRP. Cuando los costos de preparación son significativos y la demanda es razonablemente uniforme, las técnicas POQ o incluso EOQ podrían proporcionar resultados satisfactorios. Debido a la dinámica de los sistemas MRP, la preocupación excesiva por el tamaño de los lotes puede generar una precisión falsa. El tamaño de lote correcto sólo se puede determinar después de conocer los datos, con base en lo que en realidad ocurre en términos de requerimientos.

Extensiones de la MRP

En esta sección se revisarán tres extensiones de la MRP.

Planeación de requerimientos de los materiales II (MRP II)

La planeación de requerimientos de los materiales II es una técnica muy poderosa. Una vez que la empresa implementa la MRP, los datos del inventario pueden aumentarse con otros recursos y no sólo con los componentes. Por lo general, cuando la MRP se usa de esta manera, el término *recursos* suele sustituir al de *requerimientos* y MRP se convierte en MRP II. Entonces, MRP significa planeación de los recursos de materiales.

En el análisis de la MRP, hasta ahora se han programado productos y sus componentes. Sin embargo, los productos requieren muchos recursos, como energía y dinero, más allá de los componentes tangibles del producto. Además de estas entradas de recursos, también pueden generarse *salidas*. Las salidas pueden incluir cosas como el desperdicio, el empaque de desecho, los efluentes y las emisiones de carbono. A medida que la AO se vuelve cada vez más sensible a los aspectos ambientales y de sostenibilidad, su identificación y administración a través de los productos también se vuelve importante y la MRP II proporciona un vehículo para hacerlo. En la tabla 14.4 se muestra un ejemplo de las horas de trabajo, las horas-máquina y el dinero en efectivo en el formato de un plan de requerimientos brutos. Con MRP II, la gerencia puede identificar las entradas y las salidas, así como el programa relevante. MRP II proporciona otra herramienta para la batalla de la AO en busca de operaciones sostenibles.

Planeación de los requerimientos de materiales II (MRP II)

Un sistema que permite, con una MRP en funciones, aumentar los datos del inventario con otras variables de recursos; en este caso, la MRP se convierte en *planeación de los recursos de materiales*.

OA5 Describir la MRP II



Jim Convis, User Solutions, Inc.

Existen muchos programas comerciales de MRP como el *Resource Manager* para Excel. En la fotografía se muestra la pantalla del menú de inicio del *Resource Manager*.

Existe un programa de demostración disponible para uso del estudiante en www.usersolutions.com.

TABLA 14.4 Planeación de los recursos de materiales (MRP II)

	TIEMPO DE ENTREGA	SEMANAS			
		5	6	7	8
Computadora Horas de mano de obra: 0.2 cada una Horas-máquina: 0.2 cada una Desperdicio: 1 onza de fibra de vidrio cada una Cuentas por pagar: \$0	1				100 20 20 6.25 lb \$0
Tablero de PC (1 cada una) Horas de mano de obra: 0.15 cada uno Horas-máquina: 0.1 cada uno Desperdicio: 0.5 onzas de cobre cada uno Cuentas por pagar: materia prima a \$5 cada uno	2			100 15 10 3.125 lb \$500	
Procesadores (5 cada una) Horas de mano de obra: 0.2 cada uno Horas-máquina: 0.2 cada uno Desperdicio: 0.01 onzas de ácido cada uno Cuentas por pagar: componentes del procesador a \$10 cada uno	4	500 100 100 0.3125 lb \$5000			

Utilizando la lógica de la MRP, pueden determinarse y programarse con precisión recursos como la mano de obra, las horas-máquina, el desperdicio y el costo. Se muestran la demanda semanal de mano de obra, horas-máquina, desperdicio y cuentas por pagar para 100 computadoras.

Los sistemas de MRP II casi nunca son programas independientes. La mayor parte de ellos se vincula con otros archivos que proporcionan datos para el sistema MRP o reciben datos del sistema MRP. Entre los ejemplos de esta integración de datos están las compras, la programación de la producción, la planeación de la capacidad, y la administración del almacenamiento.

MRP de ciclo cerrado

La planeación de requerimientos de materiales de ciclo cerrado implica un sistema MRP que retroalimenta la programación a partir del sistema de control de inventarios. En específico, un sistema MRP de ciclo cerrado proporciona información al plan de la capacidad, al programa de producción maestro y, por último, al plan de producción (como se muestra en la figura 14.7). Casi todos los sistemas MRP comerciales son de ciclo cerrado.

Planeación de la capacidad

En congruencia con la definición de la MRP de ciclo cerrado, la retroalimentación acerca de las cargas de trabajo se obtiene a partir de cada centro de trabajo. Los informes de carga muestran los requerimientos de recursos en un centro de trabajo para todo el trabajo asignado a ese centro, para todo

Sistema MRP de ciclo cerrado

Un sistema que proporciona retroalimentación al plan de la capacidad, al programa de producción maestro, y al plan de producción a fin de mantener todo el tiempo la validez del plan.

Informe de carga

Un informe que muestra los requerimientos de recursos en un centro de trabajo para cumplir con todo el trabajo asignado a dicho centro; también muestra todas las órdenes planeadas y esperadas.

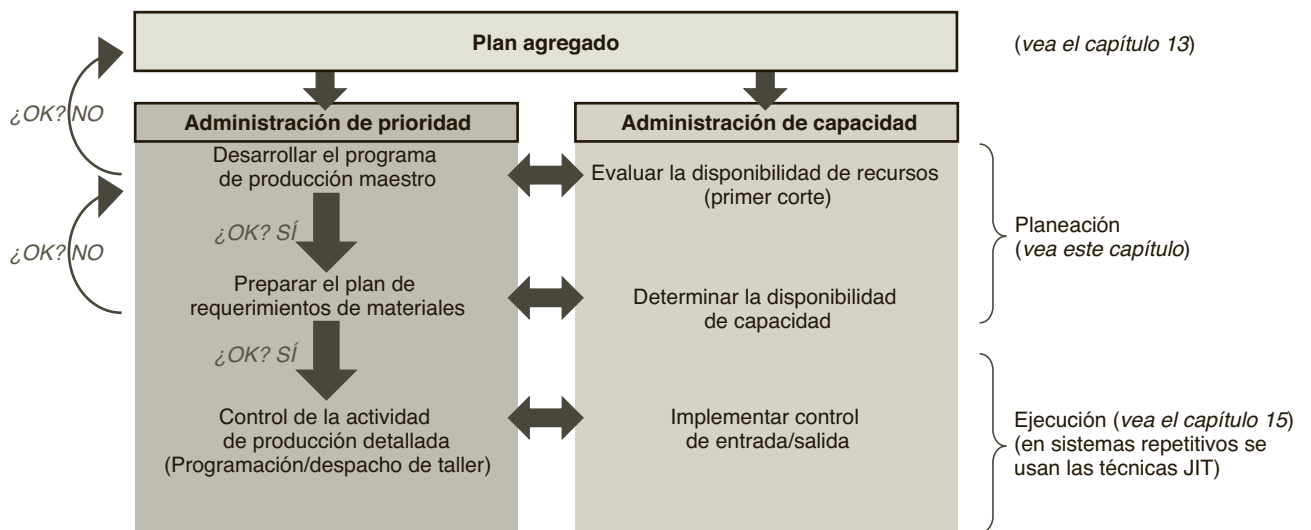
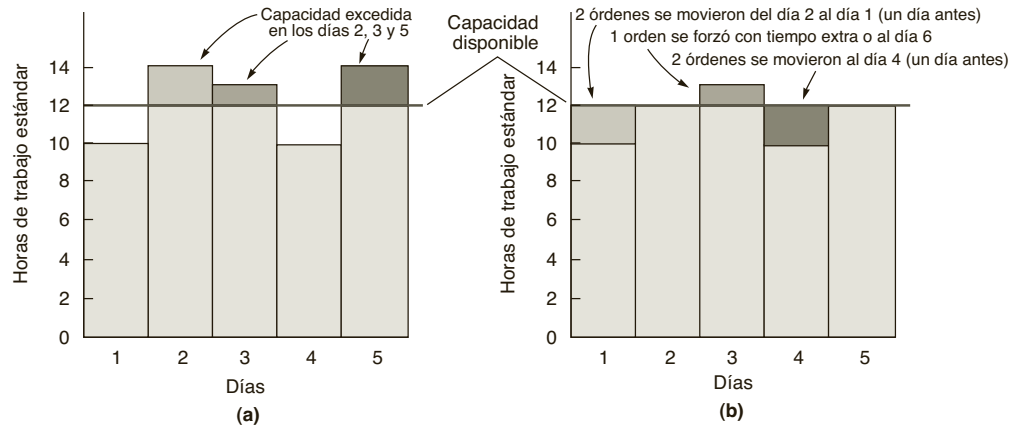


Figura 14.7
Planeación de los requerimientos de materiales de ciclo cerrado

Figura 14.8

(a) Perfil inicial de requerimientos de recursos para un centro de trabajo.
 (b) Perfil de requerimientos de recursos suavizado para un centro de trabajo



el trabajo planeado, y para los pedidos esperados. En la figura 14.8(a) se muestra que, en el centro de fresado, la carga inicial excede la capacidad en los días 2, 3 y 5. Los sistemas MRP de ciclo cerrado permiten que los planeadores de la producción distribuyan el trabajo entre los periodos para balancear las cargas o, cuando menos, ajustarlas a la capacidad. (Esto corresponde al lado de “planeación de la capacidad” en la figura 14.7). Entonces, el sistema MRP de ciclo cerrado puede reprogramar todos los elementos que comprende el plan de requerimientos netos (vea la figura 14.8[b]).

Las tácticas para suavizar la carga de trabajo y disminuir al mínimo el efecto de los cambios en el tiempo de entrega incluyen lo siguiente:

OA6 Describir la MRP de ciclo cerrado

1. *Superposición*, lo cual reduce el tiempo de entrega, para enviar piezas a la segunda operación antes de completar el lote en la primera operación.
2. *División de las operaciones* para enviar el lote a dos máquinas distintas con el fin de realizar la misma operación. Esto implica una preparación adicional, pero da como resultado tiempos más cortos de producción porque sólo parte del lote se procesa en cada máquina.
3. *División del lote o de la orden*, lo cual implica fragmentar la orden y comenzar parte de su producción antes (o después) de lo que indica el programa.

En el ejemplo 7 se muestra un ejemplo detallado de programación de la capacidad usando la división de órdenes para mejorar la utilización.

Ejemplo 7

DIVISIÓN DE ÓRDENES

Kevin Watson, el planificador de producción de Wiz Products, debe desarrollar un plan de capacidad para un centro de trabajo. Kevin tiene las órdenes de producción que se muestran a continuación para los próximos 5 días y 12 horas disponibles en la célula de trabajo cada día. La producción de cada parte requiere 1 hora.

Día	1	2	3	4	5
Órdenes	10	14	13	10	14

MÉTODO ► Calcule el tiempo disponible en el centro de trabajo y el tiempo necesario para completar los requerimientos de producción.

SOLUCIÓN ►

DÍA	UNIDADES ORDENADAS	CAPACIDAD REQUERIDA (HORAS)	CAPACIDAD DISPONIBLE (HORAS)	SOBREUTILIZACIÓN/ (SUBUTILIZACIÓN) (HORAS)	ACCIÓN DEL PLANIFICADOR DE PRODUCCIÓN	NUEVO PROGRAMA DE PRODUCCIÓN
1	10	10	12	(2)		12
2	14	14	12	2	Dividir orden: mover 2 unidades al día 1	12
3	13	13	12	1	Dividir orden: mover 1 unidad al día 6 o solicitar tiempo extra	13
4	10	10	12	(2)		12
5	14	14	12	2	Dividir orden: mover 2 unidades al día 4	12
	61					

RAZONAMIENTO ► Al mover las órdenes, el planificador de producción puede utilizar la capacidad de manera más efectiva al mismo tiempo que cumple con los requerimientos del pedido, con sólo una orden producida en tiempo extra el día 3.

EJERCICIO DE APRENDIZAJE ► Si las unidades ordenadas para el día 5 aumentan a 16, ¿cuáles son las alternativas del planificador de producción? (Respuestas: además de mover 2 unidades al día 4, mover 2 unidades al día 6 o solicitar tiempo extra).

PROBLEMAS RELACIONADOS ► 14.23, 14.24.

Cuando la carga de trabajo excede de manera constante la capacidad del centro de trabajo, estas tácticas no son adecuadas. Lo anterior puede significar la necesidad de agregar más capacidad por medio de personal, maquinaria, tiempo extra o subcontratación.

MRP en los servicios

La demanda de muchos servicios o productos de servicio se clasifica como demanda dependiente cuando se relaciona en forma directa o se deriva de la demanda de otros servicios. Con frecuencia, tales servicios requieren árboles de la estructura del producto, listas estructuradas de materiales y mano de obra, así como programación. La MRP puede contribuir mucho al desempeño operativo de estos servicios. A continuación se presentan algunos ejemplos de restaurantes, hospitales y hoteles.

Restaurantes En los restaurantes, los componentes típicos de una comida son los ingredientes y los alimentos complementarios (pan, vegetales y condimentos). Estos componentes son dependientes de la demanda de comidas. En el plan maestro, la comida es un artículo terminado. En la figura 14.9 se muestra (a) un árbol de la estructura del producto y (b) una lista estructurada de materiales (que aquí se llama *especificación del producto*) para 6 porciones de *macarrones con queso*

(a) **ÁRBOL DE ESTRUCTURA DEL PRODUCTO**

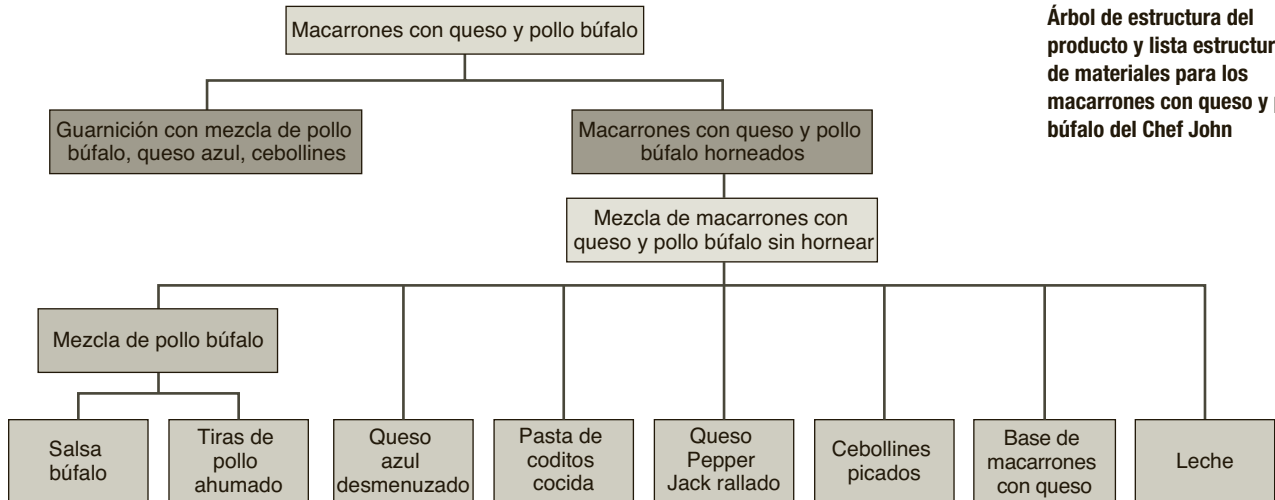


Figura 14.9

Árbol de estructura del producto y lista estructurada de materiales para los macarrones con queso y pollo búfalo del Chef John

b) **LISTA ESTRUCTURADA DE MATERIALES**

Especificación de la producción Macarrones con queso y pollo búfalo (6 porciones)					
Ingredientes	Cantidad	Medida	Costo unitario	Costo total	Hrs. de trabajo
Pasta de coditos (grande, sin cocer)	20.00	oz.	\$ 0.09	\$ 1.80	
Queso Pepper Jack (rallado)	10.00	oz.	0.17	1.70	
Base de macarrones con queso (del refrigerador)	32.00	oz.	0.80	25.60	
Leche	4.00	oz.	0.03	0.12	
Tiras de pollo ahumado	2.00	lb.	2.90	5.80	
Salsa búfalo	8.00	oz.	0.09	0.72	
Queso azul desmoronado	4.00	oz.	0.19	0.76	
Cebollines	2.00	oz.	0.18	0.36	
Horas de trabajo totales					0.2 hrs

y pollo búfalo, un popular platillo preparado por el Chef John para los aficionados del Orlando Magic en el Amway Center.

Hospitales La técnica MRP también se aplica en los hospitales, sobre todo cuando se trata de cirugías que requieren equipo, materiales y suministros conocidos. El hospital Park Plaza de Houston y muchos proveedores de hospitales emplean esta técnica para mejorar la programación y administración del inventario de materiales quirúrgicos costosos.

Hoteles Al renovar cada una de sus habitaciones de hotel, Marriott desarrolla una lista estructurada de materiales (BOM) y una lista estructurada de mano de obra. Los administradores de Marriott explotan la BOM para calcular los requerimientos de materiales, muebles y decoraciones. Después, la MRP proporciona los requerimientos netos y un programa que puede ser usado por el departamento de compras y los contratistas.

Planeación de la distribución de los recursos (DRP)

Cuando las técnicas para enfrentar la demanda dependiente se usan en la cadena de suministro, se les llama planeación de la distribución de los recursos (DRP). La planeación de la distribución de los recursos (DRP) se usa para elaborar un plan escalonado de reabastecimiento del inventario para todos los niveles de la cadena de suministro.

Los procedimientos y la lógica DRP son análogos a la MRP. Con DRP, la demanda esperada se convierte en los requerimientos brutos. Los requerimientos netos se determinan al asignar el inventario disponible a los requerimientos brutos. El procedimiento DRP comienza con el pronóstico al nivel de venta al menudeo (o el punto más distante al que surte la red de distribución). El resto de los niveles se calculan. Igual que en la MRP, después se revisa el inventario con el propósito de satisfacer la demanda. De esta forma el inventario llegará cuando se necesite y los requerimientos netos se compensan con el tiempo de entrega necesario. La cantidad planeada de liberación de órdenes se convierte en el requerimiento total del siguiente nivel inferior de la cadena de distribución.

La DRP *jala* el inventario a través del sistema. Este proceso se inicia en el nivel del minorista que ordena más artículos. Las asignaciones se hacen en el nivel más alto a partir del inventario y la producción disponibles, después de hacer ajustes para obtener economías en el embarque. El uso efectivo de la DRP requiere un sistema de información integrado para comunicar con rapidez las liberaciones de órdenes de un nivel a otro. La meta del sistema DRP es reabastecer el inventario en cantidades pequeñas y frecuentes, dentro de los límites de las órdenes y envíos económicos.

Planeación de los recursos de la empresa (ERP)

Los avances logrados en MRP II que permiten vincular a clientes y proveedores con este sistema han llevado al desarrollo de sistemas de planeación de los recursos de la empresa (ERP). La planeación de los recursos de la empresa (ERP) es un software que permite a las compañías (1) automatizar e integrar muchos de sus procesos de negocio; (2) compartir una base de datos común y las prácticas comerciales en toda la empresa, y (3) producir información en tiempo real. En la figura 14.10 aparece un esquema que muestra algunas de estas relaciones en una empresa de manufactura.

El objetivo de un sistema ERP es coordinar todo el negocio de la empresa, desde la evaluación del proveedor hasta la facturación al cliente. Este objetivo pocas veces se logra, pero los sistemas ERP están evolucionando como sistemas sombrilla para vincular diversos sistemas especializados. Esto se logra mediante una base de datos centralizada que apoya el flujo de información entre las funciones empresariales. Lo que vincula este sistema y cómo lo hace, varía en cada caso. Además de los componentes tradicionales de MRP, los sistemas ERP casi siempre proporcionan información de la administración de recursos humanos (RH) y financieros. Los sistemas ERP también incluyen:

- ▶ Software de *administración de la cadena de suministro (SCM)* para apoyar la sofisticada comunicación con el vendedor, el comercio electrónico y las actividades necesarias para lograr la eficiencia en el almacén y la logística. La idea es vincular las operaciones (MRP) con las adquisiciones, la administración de materiales y los proveedores proporcionando las herramientas apropiadas para evaluar las cuatro áreas.
- ▶ Software de *administración de las relaciones con el cliente (CRM)* para la parte siguiente del negocio. El CRM está diseñado para ayudar en el análisis de las ventas, la identificación de los clientes más redituables y el manejo de la fuerza de ventas.
- ▶ Software de *sostenibilidad* para vincular los aspectos de la fuerza de trabajo sostenible y proporcionar transparencia para la sostenibilidad de la cadena de suministro, así como para monitorear las actividades de salud y seguridad, el uso de energía y su eficiencia, las emisiones (huella de carbono, gases de efecto invernadero) y la conformidad con las normas ambientales.

Planeación de la distribución de los recursos (DRP)

Plan de reabastecimiento escalonado del inventario para todos los niveles de una red de distribución.

Planeación de los recursos de la empresa (ERP)

Un sistema de información utilizado para planear e identificar los grandes recursos empresariales necesarios para tomar, procesar, embarcar y contabilizar las órdenes del cliente.

OA7 Describir la ERP

En un sistema ERP, los datos sólo se introducen una vez a una base de datos común, completa y consistente, compartida por todas las aplicaciones. Por ejemplo, cuando un vendedor de Nike introduce en su sistema ERP un pedido por 20 mil pares de tenis para Foot Locker, los datos están disponibles de inmediato en la planta. El personal de producción comienza a trabajar el pedido si no hay inventario, contabilidad imprime la factura, y envíos notifica a Foot Locker la fecha de entrega futura. El vendedor, e incluso el cliente, pueden verificar el progreso de la orden en cualquier momento. Esto se logra usando los mismos datos y aplicaciones comunes. Sin embargo, para lograr este nivel de congruencia, los campos de datos deben definirse de manera idéntica en toda la empresa. En el caso de Nike, esto significa integrar las operaciones en los sitios de producción de Vietnam, China y México, en las unidades de negocios de todo el mundo, en diferentes monedas, y con informes en varios idiomas.

Cada vendedor de ERP ofrece productos únicos. Los principales vendedores, SAP AG (empresa alemana), BEA (de Canadá), SSAGlobal, American Software, People Soft/Oracle, CMS Software (empresas estadounidenses), venden software o módulos diseñados para industrias específicas (en la figura 14.11 se muestra un conjunto de módulos de SAP). Sin embargo, las compañías deben determinar si su forma de hacer negocios se ajustará al módulo ERP estándar. Si determinan que el producto no se ajustará al producto ERP estándar, pueden cambiar la manera en la que hacen negocios para acoplarse al software. Pero ese cambio puede tener un impacto adverso en su proceso de negocios, reduciendo una ventaja competitiva.

De modo alterno, el software de ERP puede personalizarse para satisfacer los requerimientos específicos de un proceso. Aunque los vendedores construyen el software de manera que el proceso de personalización sea simple, muchas compañías gastan hasta cinco veces el costo del software en personalizarlo. Además del gasto, la desventaja más importante de la personalización es que cuando los vendedores de ERP proporcionan una actualización o mejoran el software, la parte personalizada del código debe escribirse de nuevo para amoldarse a la nueva versión. Los programas ERP cuestan desde un mínimo de 300 000 dólares para una pequeña compañía hasta cientos de millones de dólares para gigantes globales como General Motors y Coca-Cola. Entonces, es fácil ver que los sistemas ERP son caros, están llenos de problemas ocultos y su instalación lleva mucho tiempo.

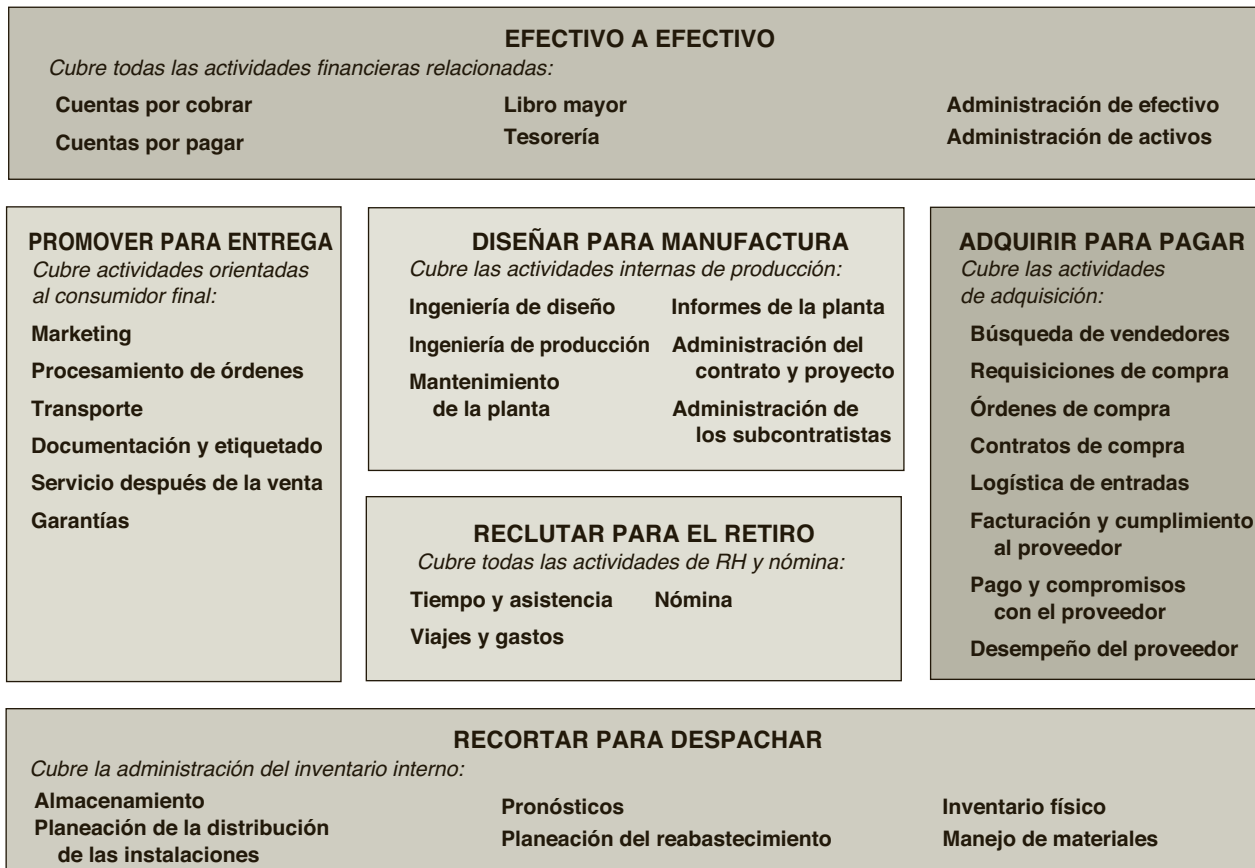


Figura 14.11

Módulos de SAP para ERP

Fuente: www.sap.com.

ERP en el sector servicios

Los vendedores de ERP han desarrollado toda una serie de módulos de servicio para mercados como el del cuidado de la salud, gobierno, tiendas minoristas y servicios financieros. Por ejemplo, Springer-Miller Systems desarrolló un paquete de ERP para el mercado hotelero con software que maneja todas las funciones de atención al público y servicios administrativos. Este sistema integra tareas como mantener el historial del cliente, tomar reservaciones de habitaciones y restaurantes, programar los tiempos de un juego de golf, así como administrar las múltiples propiedades de una cadena. PeopleSoft/Oracle combina ERP con la administración de la cadena de suministro para coordinar la preparación de alimentos para las aerolíneas. En la industria de los abarrotes, estos sistemas de la cadena de suministro se conocen como sistemas de *respuesta eficiente al consumidor* (ECR). Los sistemas de respuesta eficiente al consumidor vinculan las actividades de ventas con las compras, el inventario, la logística y la producción.

Respuesta eficiente al consumidor

Sistemas de administración de la cadena de suministro para la industria de los abarrotes que vinculan las ventas con las compras, el inventario, la logística y la producción.

Resumen

La planeación de los requerimientos de materiales (MRP) es la forma preferida de elaborar los programas de producción e inventario cuando la demanda es dependiente. Para que la MRP funcione, la administración debe tener un programa maestro, requerimientos precisos para todos los componentes, registros exactos del inventario y las compras, y tiempos de entrega exactos.

Cuando se implementan de manera apropiada, los sistemas MRP pueden contribuir de manera importante a la reducción del inventario al mismo tiempo que mejoran los niveles de servicio al cliente. Las técnicas MRP permiten que el administrador de operaciones programe y reabastezca el inventario porque es “necesario ordenar”, y no porque es “tiempo

de ordenar”. Muchas compañías que usan los sistemas MRP encuentran que la alternativa de menor costo para la determinación de los tamaños de lote es la de lote por lote.

El desarrollo continuo de los sistemas MRP ha llevado su uso con las técnicas de manufactura esbelta. Además, la MRP puede integrar los datos de producción con los de muchas otras actividades, las cuales incluyen la cadena de suministro y las ventas. Como resultado, ahora tenemos sistemas integrados orientados a bases de datos para la administración de recursos empresariales (ERP). Los sistemas ERP son costosos y difíciles de instalar, pero cuando tienen éxito apoyan las estrategias de diferenciación, respuesta y liderazgo por costo.

Términos clave

Barreras de tiempo (p. 563)	Listas fantasma de materiales (p. 558)	Planeación de los requerimientos de materiales (MRP) (p. 554)
Cantidad de pedido periódica (POQ) (p. 566)	Listas modulares (p. 557)	Planeación de los requerimientos de materiales II (MRP II) (p. 568)
Codificación del nivel más bajo (p. 558)	Lote por lote (p. 564)	Programa de producción maestro (MPS) (p. 555)
Cubos (p. 564)	Nerviosismo del sistema (p. 563)	Rastreo inverso (p. 563)
Decisión sobre el tamaño del lote (p. 564)	Plan de requerimientos brutos de materiales (p. 559)	Recepción planeada de la orden (p. 562)
Informe de carga (p. 569)	Plan de requerimientos netos (p. 560)	Respuesta eficiente al consumidor (ECR) (p. 575)
Liberación planeada de la orden (p. 562)	Planeación de la distribución de los recursos (DRP) (p. 572)	Sistema MRP de ciclo cerrado (p. 569)
Lista estructurada de materiales (BOM) (p. 556)	Planeación de los recursos de la empresa (ERP) (p. 572)	Tiempo de entrega (p. 558)

Dilema ético

Durante muchos meses, su cliente potencial ha estado analizando los cientos de supuestos incorporados en el software de ERP de \$900 000 que usted pretende venderle. Hasta ahora, no ha podido cerrar esta venta. Si se realiza la venta usted alcanzará su cuota anual y obtendrá un buen bono. Por otro lado, la pérdida de la venta puede significar que deba empezar a buscar otro empleo.

Los equipos de contabilidad, recursos humanos, cadena de suministro y marketing reunidos por el cliente revisaron las especificaciones y finalmente recomendaron la compra del software. Sin

embargo, al observar y ayudar en el proceso de evaluación, usted comienza a darse cuenta de que los procedimientos de compra de su cliente (los cuales implican una gran cantidad de adquisiciones realizadas en cientos de tiendas regionales) no se ajustan bien al software. La personalización agregará cuando menos \$250 000 al costo de implementación y capacitación. El equipo de análisis no se da cuenta de esta dificultad y sabe que los \$250 000 requeridos no están en el presupuesto.

¿Qué haría usted?

Preguntas para análisis

1. ¿Cuál es la diferencia entre un plan de requerimientos *brutos* y un plan de requerimientos *netos*?
2. Una vez establecido el plan de requerimientos de materiales (MRP), ¿qué otras aplicaciones administrativas puede tener esta técnica?
3. ¿Cuáles son las similitudes entre MRP y DRP?
4. ¿Cuáles son las diferencias entre MRP II y MRP?
5. ¿Cuál es la mejor política para el tamaño del lote en las organizaciones de manufactura?
6. Si se ignoran los costos de mantener al asignar el inventario en un sistema DRP, ¿qué efecto tiene en los tamaños de lote?
7. MRP es más que un sistema de inventarios; ¿qué otras capacidades caracterizan al sistema MRP?
8. ¿Cuáles son las alternativas del planificador de producción si tiene
 - (a) una programación mayor que la capacidad en un centro de trabajo para la siguiente semana?
 - (b) una falta de capacidad constante en ese centro de trabajo?
9. Los programas maestros se expresan de tres maneras diferentes dependiendo de si el proceso es continuo, es un taller de trabajo, o repetitivo. ¿Cuáles son estas tres formas?
10. ¿Qué funciones de la empresa afectan a un sistema MRP?, ¿de qué forma?
11. ¿Cuál es la lógica de (a) las listas fantasma de materiales, (b) una lista estructurada de materiales para la planeación, y (c) una pseudolista estructurada de materiales?
12. Identifique cinco requerimientos específicos de un sistema MRP efectivo.
13. ¿Cuáles son los beneficios más comunes del sistema ERP?
14. ¿En qué difieren los sistemas MRP, DRP y ERP?
15. Como enfoque para la administración de inventarios, ¿en qué difiere el sistema MRP del sistema analizado en el capítulo 12 que maneja la cantidad económica a ordenar (EOQ)?
16. ¿Cuáles son las desventajas del sistema ERP?
17. Use internet u otras fuentes para:
 - a) Encontrar historias que destaquen las ventajas de un sistema ERP.
 - b) Encontrar historias que destaquen las dificultades de comprar e instalar un sistema ERP, así como sus posibles fallas.
18. Use internet u otras fuentes para identificar lo que un vendedor de ERP (SAP, PeopleSoft/Oracle, American Software, etcétera) incluye en los siguientes módulos de software:
 - a) Administración de las relaciones con el cliente.
 - b) Administración de la cadena de suministro.
 - c) Administración del ciclo de vida del producto.
19. La estructura de los sistemas MRP sugiere “cubos” y carga infinita. ¿Qué significan estos dos términos?

Uso de software para resolver problemas de MRP

Existen muchos paquetes comerciales de software MRP, para compañías de todos los tamaños. El software MRP para las compañías de tamaño pequeño y mediano incluye User Solutions, Inc., un programa de prueba que se encuentra disponible en www.usersolutions.com, y MAX de Exact Software North America, Inc. El software para sistemas más grandes puede obtenerse en SAP, CMS, BEA, Oracle, i2 Technologies y muchas otras compañías. El software Excel OM incluye un módulo MRP, lo mismo ocurre con POM para Windows. El uso de estos dos programas se explica en las siguientes secciones.

X USO DE EXCEL OM

El uso del módulo MRP de Excel OM requiere la introducción cuidadosa de datos. En la pantalla inicial de MRP se introducen (1) el número total de apariciones de un artículo en la BOM (incluido el artículo superior), (2) cómo se desea llamar a cada uno de los artículos de la lista estructurada de materiales (número de artículo, parte), (3) el número total de periodos por programar, y (4) cómo se desea llamar a los periodos (días, semanas).

La segunda pantalla del programa MRP de Excel OM deja una sangría para introducir los datos de las listas estructuradas de materiales. Aquí se introducen (1) el nombre de cada artículo en la BOM, (2) la cantidad de ese artículo en la línea de ensamble, y (3) el número de sangrías correctas (es decir, la relación padre-hijo) para cada artículo. Las sangrías son importantes ya que muestran la lógica que permitirá aprovechar la lista estructurada de materiales. Estas sangrías deben seguir la lógica del árbol de la estructura del producto con espacios destinados para cada artículo del ensamble en dicho ensamble.

La tercera pantalla del MRP de Excel OM repite la lista estructurada de materiales con sangrías y proporciona la tabla estándar MRP para introducir los datos. Esta pantalla se muestra en el programa 14.1 con los datos de los ejemplos 1, 2 y 3.

P USO DE POM PARA WINDOWS

El módulo MRP de POM para Windows también resuelve los ejemplos 1 a 3, y permite analizar hasta 18 periodos. La información requerida es la siguiente:

1. *Nombres de artículos*: los nombres de los artículos se introducen en la columna izquierda. Si dos artículos padre usan un mismo artículo, el mismo nombre aparece en más de una fila. Cada artículo debe seguir a sus padres.
2. *Nivel del artículo*: aquí debe proporcionarse el nivel ocupado en la BOM con sangría. El artículo *no puede* colocarse en más de un nivel por debajo del artículo inmediato superior.
3. *Tiempo de entrega*: aquí se introduce el tiempo de entrega del artículo. El tiempo por omisión es de 1 semana.
4. *Número por padre*: se introduce el número de unidades necesarias de este subensamble para su padre. El número por omisión es 1.
5. *Inventario disponible*: enumere una vez el inventario disponible, incluso si el subensamble está dos veces en la lista.
6. *Tamaño de lote*: aquí se puede especificar el tamaño del lote. Las cifras 0 o 1 activarán la orden lote por lote. Si se introduce otra cifra, entonces todas las órdenes de ese artículo serán múltiplos enteros de esa cifra.
7. *Demandas*: las demandas se introducen al final de la fila del artículo en los periodos donde se demandan los artículos.
8. *Recepciones programadas*: si hay unidades programadas para recibirse, deben registrarse en la lista en el periodo (columna) y artículo (fila) apropiados. (Una captura en el nivel 1 es una demanda; el resto de los niveles son recepciones).

En el apéndice IV se proporcionan más detalles de POM para Windows.

Programa 14.1

Uso del módulo MRP de Excel OM para resolver los ejemplos 1, 2 y 3

Los datos de las columnas A, B, C y D (hasta la fila 15) se introducen en la segunda pantalla y se transfieren aquí de manera automática.

Enter the data in the shaded area. Press CTRL-SHIFT-M to return to the indented bill of materials/product tree. Do not change the names in the red shaded box. Return to the indented Bill of Materials if you need to do so.

Introduzca el tiempo de entrega.

El tamaño de lote debe ser ≥ 1 .

Introduzca el inventario disponible.

Item name	Level	Number per parent	Indented BOM
BOM Awesome (A)	0	1	BOM Awesome (A)
B	1	2	B
E	2	2	E
D	2	2	D
C	1	3	C
E	2	2	E
F	2	2	F
G	3	1	G
D	3	2	D

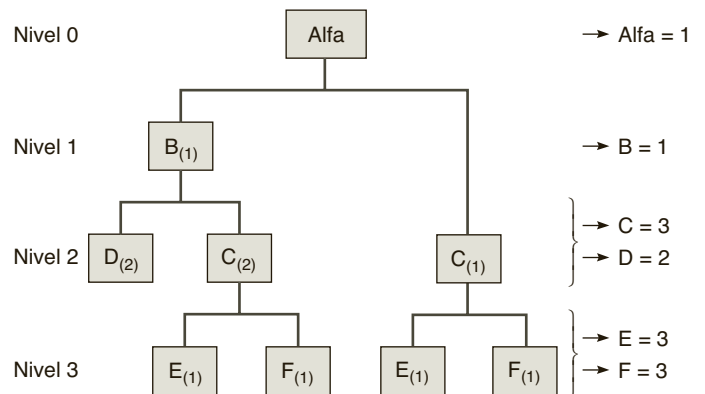
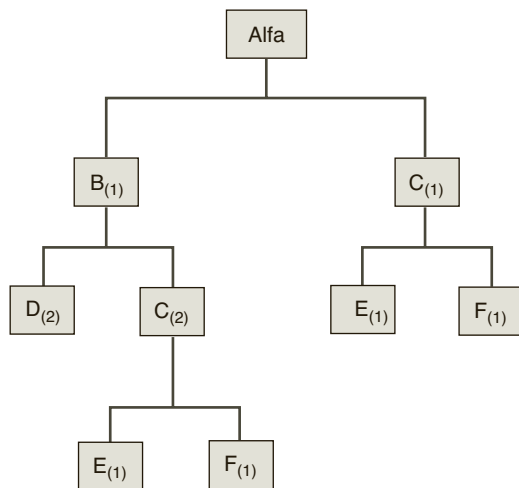
Problemas resueltos

PROBLEMA RESUELTO 14.1

Determine la codificación del nivel más bajo y la cantidad necesaria de cada componente para la producción de 10 unidades de un ensamble al que se llamará Alfa. La estructura del producto y las cantidades de cada componente requeridas para cada ensamble se indican entre paréntesis.

SOLUCIÓN

Dibuje de nuevo la estructura del producto con la codificación del nivel más bajo. Después multiplique hacia abajo en la estructura para determinar los requerimientos de cada rama. Luego, sume a lo ancho de la estructura hasta determinar el total para cada componente.



Número requerido de E para la rama izquierda:

$$(1_{\text{alfa}} \times 1_B \times 2_C \times 1_E) = 2 E$$

y número requerido de E para la rama derecha:

$$(1_{\text{alfa}} \times 1_C \times 1_E) = 1 E$$

Se requieren en total 3 E

Después, se “explotan” los requerimientos multiplicando cada uno por 10, como se muestra en la tabla siguiente:

NIVEL	ARTÍCULO	CANTIDAD POR UNIDAD	REQUERIMIENTOS TOTALES PARA 10 ALFA
0	Alfa	1	10
1	B	1	10
2	C	3	30
2	D	2	20
3	E	3	30
3	F	3	30

PROBLEMA RESUELTO 14.2

Use la estructura del producto Alfa dada en el problema resuelto 14.1 y los tiempos de entrega, las cantidades en inventario y el programa de producción maestro que se muestran a continuación y prepare una tabla de requerimientos netos de materiales para Alfa.

ARTÍCULO	TIEMPO DE ENTREGA	CANTIDAD EN INVENTARIO
Alfa	1	10
B	2	20
C	3	0
D	1	100
E	1	10
F	1	50

Programa de producción maestro para Alfa

PERIODO	6	7	8	9	10	11	12	13
Requerimientos brutos			50			50		100

SOLUCIÓN

Vea la gráfica de la siguiente página.

PROBLEMA RESUELTO 14.3

Hip Replacements Inc. tiene un programa de producción maestro para su modelo más nuevo, que se muestra en la siguiente tabla, con un costo de preparación de \$50, un costo de mantener inventarios de \$2 semanales, un inventario de inicio igual a cero y un tiempo de entrega de 1 semana. ¿Cuáles son los costos de usar lote por lote para este periodo de 10 semanas?

SOLUCIÓN

Costo de mantener el inventario = \$0 (puesto que nunca se presenta un inventario al final del periodo)

Costos por ordenar = 4 órdenes × \$50 = \$200

Costo total para el lote por lote = \$0 + \$200 = \$200

SEMANA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimientos brutos		0	0	50	0	0	35	15	0	100	0
Recepciones programadas											
Inventario disponible proyectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requerimientos netos		0	0	50	0	0	35	15	0	100	
Recepciones de órdenes planeadas				50			35	15		100	
Liberaciones de órdenes planeadas			50			35	15		100		

PROBLEMA RESUELTO 14.4

Hip Replacements Inc. tiene un programa de producción maestro para su modelo más nuevo, que se muestra en la página 580, con un costo de preparación de \$50, un costo de mantener inventarios de \$2 semanales, un inventario de inicio igual a cero y un tiempo de entrega de 1 semana. ¿Cuáles son los costos de usar (a) EOQ y (b) POQ para este periodo de 10 semanas?

SOLUCIÓN

a) Para el tamaño de lote **EOQ**, primero determine la EOQ. Uso anual = 200 unidades para 10 semanas; uso semanal = 200/10 semanas = 20 por semana. Por lo tanto, 20 unidades × 52 semanas (demanda anual) = 1040 unidades. A partir del capítulo 12, el modelo EOQ es:

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

donde $D =$ demanda anual = 1040
 $S =$ costo de preparación = \$50
 $H =$ costo de mantener (manejar) el inventario, con base en un costo unitario anual = $\$2 \times 52 = \104
 $Q^* = 31.62 \approx 32$ unidades (ordenar la EOQ o múltiplos de la EOQ)

SEMANA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Requerimientos brutos		0	0	50	0	0	35	15	0	100	0	
Recepciones programadas												
Inventario disponible proyectado	0	0	0	0	14	14	14	11	28	28	24	24
Requerimientos netos		0	0	50	0	0	21	0	0	72	0	
Recepciones de órdenes planeadas				64			32	32		96		
Liberaciones de órdenes planeadas			64			32	32		96			

Costo de mantener el inventario = 157 unidades \times \$2 = \$314 (note las 24 unidades disponibles en el periodo 11, para las cuales hay un cargo de inventario puesto que están disponibles al final del periodo 10)
 Costos de ordenar = 4 órdenes \times \$50 = \$200
 Costo total para el tamaño de lote EOQ = 314 + \$200 = \$514

b) Para el tamaño de lote POQ se usa la EOQ calculada con anterioridad para encontrar el periodo entre órdenes:

Intervalo del periodo = EOQ/uso semanal promedio = $32/20 = 1.6 \approx 2$ periodos

Tamaño de orden POQ = Demanda requerida en los 2 periodos, posponiendo las órdenes en los periodos sin demanda.

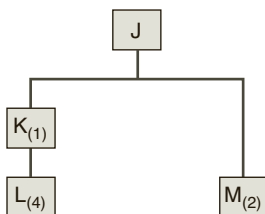
SEMANA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Requerimientos brutos		0	0	50	0	0	35	15	0	100	0	
Recepciones programadas												
Inventario disponible proyectado	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0		
Requerimientos netos		0	0	50	0	0	50	0	0	100	0	
Recepciones de órdenes planeadas				50			50			100		
Liberaciones de órdenes planeadas			50			50			100			

Costo de mantener el inventario = 15 unidades \times \$2 = \$30
 Costos de ordenar = 3 órdenes \times \$50 = \$150
 Costo total para el tamaño de lote POQ = \$30 + \$150 = \$180

Problemas

Nota: **Px** significa que el problema puede resolverse con POM para Windows y/o Excel OM. Muchos ejercicios de este capítulo (del 14.1 al 14.16 y del 14.23 al 14.27) se resuelven con *Resource Manager for Excel*, un sistema comercial producido por User Solutions, Inc. Puede tener acceso a la versión de prueba del software y a un conjunto de notas para el usuario en www.usersolutions.com.

- **14.1** Usted desarrolló la siguiente estructura de producto sencilla de los artículos necesarios para llenar las bolsas de regalos que se darán en una fiesta sorpresa a los colaboradores potenciales de su organización. Estima que asistirán 200 personas. Suponga que no tiene estos artículos en inventario. Explote la lista estructurada de materiales. (Los subíndices indican el número de unidades requeridas).



- **14.2** Se espera que tenga las bolsas de regalo del problema 14.1 a las 5 p.m. Sin embargo, todavía debe personalizar los artículos

(identificar con iniciales plumas, libretas, libros, etcétera). El tiempo de entrega para ensamblar 200 artículos J es de 1 hora a la vez que se tiene preparado el resto de los artículos. La preparación de los otros artículos también tomará tiempo. Con el apoyo de algunos voluntarios, las otras estimaciones de tiempo son: artículo K (2 horas), artículo L (1 hora), y artículo M (4 horas). Desarrolle un plan escalonado de ensamble para preparar las bolsas de regalos.

- **14.3** El subensamblado S tiene una demanda de 100 unidades en la semana 7. Cada unidad de S se integra con 1 unidad de T y 2 unidades de U. Cada unidad de T requiere 1 unidad de V, 2 unidades de W y 1 unidad de X. Por último, cada unidad de U comprende 2 unidades de Y y 3 de Z. La empresa que fabrica todos los artículos necesita 2 semanas para hacer S, 1 semana para T, 2 semanas para U, 2 semanas para V, 3 semanas para W, 1 semana para X, 2 semanas para Y y 1 semana para Z.
 - Elabore la estructura del producto. Identifique todos los niveles, los padres y los componentes.
 - Prepare una estructura de producto escalonada.

- **14.4** Usando la información del problema 14.3, prepare un plan de requerimientos brutos de materiales. **Px**
- **14.5** Usando la información del problema 14.3, prepare un plan de requerimientos netos de materiales con la siguiente información del inventario disponible.

ARTÍCULO	INVENTARIO DISPONIBLE	ARTÍCULO	INVENTARIO DISPONIBLE
S	20	W	30
T	20	X	25
U	40	Y	240
V	30	Z	40 Px

•• **14.6** Regrese a los problemas 14.3 y 14.4. Además de la demanda de 100 unidades de S, se necesitan 20 unidades de U, que es un componente de S. Estas 20 unidades de U se necesitan para el área de mantenimiento y se usarán en la semana 6. Modifique el *plan de requerimientos brutos de materiales* para reflejar este cambio. **Px**

•• **14.7** Regrese a los problemas 14.3 y 14.5. Además de la demanda de 100 unidades de S, se necesitan 20 unidades de U, que es un componente de S. Estas 20 unidades de U se requieren en el área de mantenimiento y se usarán en la semana 6. Modifique el *plan de requerimientos netos de materiales* para reflejar este cambio. **Px**

- **14.8** Como planificador de la producción en Scott Sampson Products, Inc., le han dado una lista estructurada de materiales para fabricar un soporte compuesto por una base, dos resortes y cuatro abrazaderas. El ensamble de la base requiere de una abrazadera y dos alojamientos. Cada abrazadera tiene un mango y una pieza fundida. Cada alojamiento lleva 2 cojinetes y un eje. No hay inventario actual.
 - Diseñe una estructura del producto indicando las cantidades de cada artículo y mostrando la codificación del nivel más bajo.
 - Determine las cantidades totales necesarias de cada artículo para ensamblar 50 soportes.
 - Calcule las cantidades netas requeridas si en su inventario hubiera 25 bases y 100 abrazaderas. **Px**

•• **14.9** Su jefe en Scott Sampson Products, Inc., acaba de entregarle el programa y los tiempos de entrega para el soporte del problema 14.8. La unidad debe estar lista en la semana 10. Los tiempos de entrega para los componentes son: soporte (1 semana), base (1 semana), resorte (1 semana), abrazadera (1 semana), alojamiento (2 semanas), mango (1 semana), pieza fundida (3 semanas), cojinete (1 semana) y eje (1 semana).

- Prepare la estructura de producto escalonada para el soporte.
- ¿En qué semana debe comenzar el vaciado de la pieza fundida? **Px**

- **14.10**
 - Dados la estructura del producto y el programa de producción maestro (figura 14.12 al final de esta página), desarrolle un plan de requerimientos brutos para todos los artículos.

- Dados la estructura de producto anterior, el programa de producción maestro y el estado del inventario (figura 14.12), desarrolle un plan de requerimientos netos de materiales (liberación planeada de órdenes) para todos los artículos. **Px**

••• **14.11** Dados la estructura del producto, el programa de producción maestro y el estado del inventario (figura 14.13 de la siguiente página), y suponiendo que los requerimientos para cada artículo anotado en la BOM son de 1:

- desarrolle un plan de requerimientos brutos para el artículo C;
- desarrolle un plan de requerimientos netos para el artículo C. **Px**

•••• **14.12** Tomando como base los datos de la figura 14.13, complete un programa de requerimientos netos de materiales para:

- Todos los artículos (10 programas en total), suponiendo que el requerimiento para cada artículo de la BOM es de 1.
- Los 10 artículos, suponiendo que el requerimiento de todos los artículos es de 1, excepto B, C y F, los cuales requieren 2 *cada uno*. **Px**

••• **14.13** Electro Fans acaba de recibir un pedido de mil ventiladores de 20 pulgadas para entregar en la semana 7. Cada ventilador consta del ensamble de un alojamiento, dos parrillas, un ensamble de ventilador y una unidad eléctrica. El ensamble del alojamiento consiste en un marco, dos soportes y un mango. El ensamble del ventilador consta de un eje y cinco aspas. La unidad eléctrica está formada por un motor, un interruptor y una perilla. La tabla siguiente proporciona los datos sobre los tiempos de entrega, el inventario actual y las recepciones programadas.

- Elabore una estructura de producto.
- Elabore una estructura del producto escalonada.
- Prepare un plan de requerimientos netos de materiales. **Px**

Tabla de datos para el problema 14.13

COMPONENTE	TIEMPO DE ENTREGA	INVENTARIO DISPONIBLE	TAMAÑO DEL LOTE*	RECEPCIÓN PROGRAMADA
Ventilador de 20"	1	100	—	
Alojamiento	1	100	—	
Marco	2	—	—	
Soportes (2)	1	50	100	
Mango	1	400	500	
Parrillas (2)	2	200	500	
Ensamble del ventilador	3	150	—	
Eje	1	—	—	
Aspas (5)	2	—	100	
Unidad eléctrica	1	—	—	
Motor	1	—	—	
Interruptor	1	20	12	
Perilla	1	—	25	200 perillas en la semana 2

*Lote por lote a menos que se indique lo contrario.

Programa de producción maestro para X1						
PERIODO	7	8	9	10	11	12
Requerimientos brutos		50		20		100
	TIEMPO	INVENTARIO		TIEMPO	INVENTARIO	
ARTÍCULO	DE ENTREGA	DISPONIBLE	ARTÍCULO	DE ENTREGA	DISPONIBLE	
X1	1	50	C	1	0	
B1	2	20	D	1	0	
B2	2	20	E	3	10	
A1	1	5				

Figura 14.12

Información para el problema 14.10

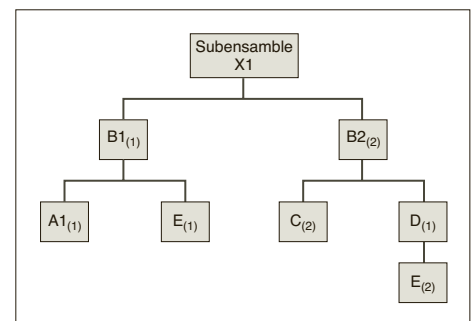
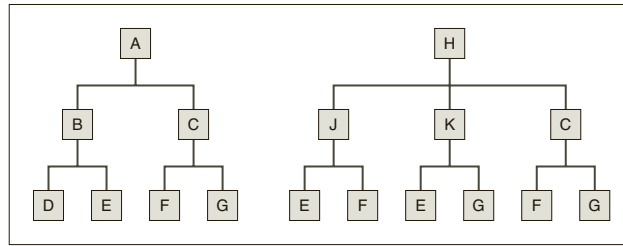


Figura 14.13

Información para los problemas 14.11 y 14.12

PERIODO	8	9	10	11	12
Requerimientos brutos: A	100		50		150
Requerimientos brutos: H		100		50	

ARTÍCULO	INVENTARIO		TIEMPO DE ENTREGA	ARTÍCULO	INVENTARIO		TIEMPO DE ENTREGA
	DISPONIBLE				DISPONIBLE		
A	0		1	F	75		2
B	100		2	G	75		1
C	50		2	H	0		1
D	50		1	J	100		2
E	75		2	K	100		2



... **14.14** En la figura 14.14 se muestra la estructura para una parte, el tiempo de entrega (en semanas), y las cantidades en inventario del producto A. A partir de esta información genere:

- a) Una lista estructurada de materiales con sangrías para el producto A (vea la muestra de una BOM en la figura 5.9 del capítulo 5).
- b) Los requerimientos netos de cada parte necesaria para producir 10 A en la semana 8 usando lote por lote. **Px**

... **14.15** Usted es el planificador de la producción del producto A (descrito en el problema 14.14 y la figura 14.14). El gerente de servicio en campo, Al Trostel, acaba de avisarle que los requerimientos de los artículos B y F deben aumentarse cada uno en 10 unidades para cubrir sus necesidades de reparación en campo.

- a) Prepare una lista que muestre la cantidad necesaria de cada parte para producir los requerimientos del gerente de servicio y la solicitud de las 10 unidades de B y F.
- b) Prepare un plan de requerimientos netos por fecha para los nuevos requerimientos (para producción y servicio en campo), suponiendo que el gerente de servicio en campo quiere sus 10 unidades de B y F en la semana 6 y las 10 unidades de producción en la semana 8. **Px**

... **14.16** Acaba de recibir un fax donde se le notifica que el tiempo de entrega para el componente G del producto A (problema 14.15 y figura 14.14) aumentó a 4 semanas.

- a) ¿Qué componentes cambian y por qué?
- b) ¿Cuáles son las implicaciones para el plan de producción?
- c) Como planificador de la producción, ¿qué puede hacer? **Px**

Tabla de datos para los problemas 14.17 a 14.20*

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos brutos	30		40		30	70	20		10	80		50

*Costo de mantener = \$2.50 por unidad por semana; costo de preparación = \$150; tiempo de entrega = 1 semana; inventario inicial = 40; costo por faltantes = \$10.

... **14.17** Con los datos de la tabla anterior, desarrolle una solución lote por lote y calcule los costos totales relevantes. **Px**

... **14.18** Desarrolle una solución de la EOQ y calcule los costos totales relevantes para los datos de la tabla anterior. **Px**

... **14.19** Desarrolle una solución POQ y calcule el costo total relevante de acuerdo con los datos de la tabla anterior. **Px**

... **14.20** Usando sus respuestas para los tamaños de lote calculados en los problemas 14.17, 14.18 y 14.19, ¿cuál es la mejor técnica y por qué?

... **14.21** M. de Koster, de Rene Enterprises, tiene el plan de producción maestro que se muestra a continuación:

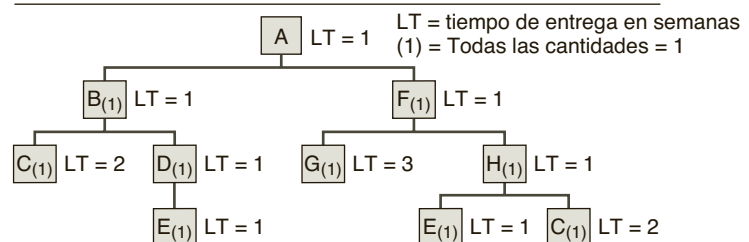
Periodo (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Requerimientos brutos		15		20		10			25

Figura 14.14

Información para los problemas 14.14, 14.15 y 14.16

PARTE	INVENTARIO DISPONIBLE
A	0
B	2
C	10
D	5
E	4
F	5
G	1
H	10

ÁRBOL DE ESTRUCTURA DE UNA PARTE



Tiempo de entrega = 1 periodo; costo de preparación = \$200; costo de mantener el inventario = \$10 por semana; costo por faltantes = \$10 por semana. Su trabajo consiste en desarrollar un plan de pedidos y costos con:

- a) Lote por lote.
- b) EOQ.
- c) POQ.
- d) ¿Cuál plan tiene el costo más bajo? **Px**

14.22 Grace Greenberg, planeadora de producción para Science and Technology Labs, en Nueva Jersey, tiene el plan de producción maestro que se muestra a continuación:

Periodo (semanas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimientos brutos		35		40		10			25	10		45

Tiempo de entrega = 1 periodo; costo de preparación = \$200; costo de mantener el inventario = \$10 por semana; costo por faltantes = \$10 por semana. Desarrolle un plan de pedidos y costos para Grace utilizando estas técnicas:

- a) Lote por lote.
- b) EOQ.
- c) POQ.
- d) ¿Cuál plan tiene el costo más bajo? **Px**

*** **14.23** Karl Knapps, Inc., recibió los siguientes pedidos:

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tamaño de la orden	0	40	30	40	10	70	40	10	30	60

Toda la fabricación de estas unidades se programa en una sola máquina. Existen 2250 minutos disponibles cada semana y la fabricación completa de cada unidad toma 65 minutos. Desarrolle un plan de la capacidad, usando la división de lotes, para un periodo de 10 semanas.

*** **14.24** Coleman Rich, Ltd., recibió los siguientes pedidos:

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tamaño de la orden	60	30	10	40	70	10	40	30	40	0

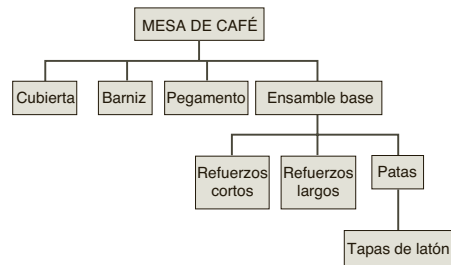
La fabricación completa de estas unidades se programa en una sola máquina. En una semana se tienen 2250 minutos disponibles y completar la fabricación de cada unidad requiere 65 minutos. Desarrolle un plan de capacidad, usando la división de lotes, para un periodo de 10 semanas.

** **14.25** Heather Adams, gerente de producción de un fabricante de equipo para ejercicio de Colorado, debe programar una orden de 50 caminadoras UltimaSteppers que se enviarán en la semana 8. Los subíndices indican la cantidad requerida para cada padre. Suponga órdenes lote por lote. A continuación se muestra la información sobre las caminadoras:

ARTÍCULO	TIEMPO DE ENTREGA	INVENTARIO DISPONIBLE	COMPONENTES
Caminadora	2	20	A ₍₁₎ , B ₍₃₎ , C ₍₂₎
A	1	10	D ₍₁₎ , F ₍₂₎
B	2	30	E ₍₁₎ , F ₍₃₎
C	3	10	D ₍₂₎ , E ₍₃₎
D	1	15	
E	2	5	
F	2	20	

- a) Desarrolle una estructura de producto para Heather.
- b) Desarrolle una estructura escalonada.
- c) Desarrolle un plan de requerimientos netos de materiales para F. **Px**

*** **14.26** Está programando la producción de su popular Mesa de Café Rústica. La mesa requiere una cubierta, cuatro patas, $\frac{1}{8}$ de galón de barniz, $\frac{1}{16}$ de galón de pegamento, dos refuerzos cortos y dos largos entre las patas, y una tapa de latón que va en la parte baja de cada pata. En inventario tiene 100 galones de pegamento, pero no cuenta con ninguno de los otros componentes. Todos los artículos excepto las tapas de latón, el barniz y el pegamento se ordenan lote por lote. Las tapas se compran en cantidades de 1000 y el barniz y el pegamento por galón. El tiempo de entrega es de 1 día para cada artículo. Programe los pedidos necesarios para producir 640 mesas de café en los días 5 y 6, y 128 en los días 7 y 8. **Px**



**** **14.27** Usando los datos proporcionados para la mesa de café del problema 14.26, construya un programa de mano de obra cuando el estándar de mano de obra para cada cubierta es de 2 horas de trabajo; cada pata incluyendo la instalación de la tapa de latón requiere de $\frac{1}{4}$ de hora, lo mismo que cada uno de los refuerzos. El ensamble base requiere 1 hora de mano de obra y el ensamble final se lleva 2 horas de trabajo. ¿Cuál es el número total de horas de trabajo requeridas cada día?, y ¿cuántos empleados que trabajan 8 horas diarias se necesitan por día?

ESTUDIOS DE CASO

★ Cuando 18 500 aficionados del Orlando Magic vienen a cenar

Caso en video

Con una vasta experiencia en escenarios como el American Airlines Arena (en Miami), el Kentucky Derby y Super Bowls, el Chef John Nicely ahora también planea enormes eventos culinarios en el Amway Center de Orlando, hogar del equipo de básquetbol Orlando Magic. Con su talento único y sus excepcionales habilidades operativas, Nicely sirve a decenas de miles de animados aficionados en algunos de los eventos más grandes del mundo. Y cuando más de 18 500 aficionados al básquetbol se presentan a un juego, esperando buena comida y un gran baloncesto, él pone su creatividad, así como su talento operativo a trabajar.

El Chef John debe estar preparado. Esto significa determinar no sólo la demanda total de los 18 500 aficionados, sino también traducir la demanda en elementos específicos del menú y bebidas. Prepara un pronóstico a partir de las ventas actuales de boletos, de la historia de eventos similares en otros sitios y de sus propios registros, que reflejan la demanda con este rival en particular, la noche de la semana, la época del año, e incluso la hora del día. Luego desglosa la demanda de artículos específicos del menú y sus cantidades en los elementos

que deben estar disponibles en cada uno de los 22 puestos de comida, 7 restaurantes y 68 suites. También debe estar preparado para atender las solicitudes individuales de los jugadores de ambos equipos.

El Chef John cambia con frecuencia el menú para mantener el interés de los aficionados que asisten a muchos de los 41 partidos de temporada regular en casa. El menú incluso está influenciado por las preferencias culinarias de los aficionados del equipo visitante que podrían asistir. Además, cuando otros espectáculos distintos al Magic utilizan el Amway Center, es probable que la mezcla demográfica sea diferente, lo cual requiere ajustes adicionales al menú. El tamaño del equipo de meseros y de la cocina cambia para reflejar el tamaño de la asistencia; el Chef John puede estar supervisando hasta 90 personas que trabajan en la cocina. Del mismo modo, los puestos concesionados, de los cuales 40% tienen sus propias parrillas y freidoras, presentan otro desafío, ya que son administrados por voluntarios de organizaciones sin fines de lucro. El uso de estos voluntarios se suma a la necesidad de una capacitación especial y la aplicación adicional de estrictos estándares de calidad.

Una vez tomada la decisión sobre la demanda global y el menú, el Chef John debe preparar las especificaciones de producción (una lista de materiales) para cada elemento. Para el juego nocturno contra los Celtics, el Chef John está

preparando su excelente platillo *Macarrones con queso cubiertos de Cheetos*. Los ingredientes, cantidad, costos y requerimientos de mano de obra son los siguientes:

Especificaciones de producción

MACARRONES CON QUESO CUBIERTOS DE CHEETOS (6 PORCIONES)					
INGREDIENTES	CANTIDAD	MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	HORAS DE TRABAJO
Pasta de coditos (grande, sin cocinar)	20.00	oz.	\$0.09	\$1.80	
Queso —Cheddar rallado	10.00	oz.	0.16	1.60	
Base de macarrones con queso (ver receta)	44.00	oz.	0.80	35.20	
Leche	4.00	oz.	0.03	0.12	
Cheetos, desmoronados	6.00	oz.	0.27	1.62	
Rodajas de cebolla verde —guarnición	0.50	oz.	0.18	0.09	
Cheetos enteros —guarnición	2.00	oz.	0.27	0.54	
Horas de trabajo totales					0.2 horas

El rendimiento de este plato es de 6 porciones, y el costo del trabajo es de \$15 por hora, con márgenes. La cantidad requerida para toda la noche se prepara antes del juego y se mantiene caliente en los hornos hasta que sea necesaria. La demanda en cada partido de básquetbol se divide en 5 periodos: antes del partido, primer cuarto, segundo cuarto, medio tiempo y segundo medio. En el partido del Magic contra los Celtics la próxima semana, la demanda (número de porciones) del plato de macarrones con queso cubiertos con Cheetos en cada periodo es de 60, 36, 48, 60 y 12, respectivamente.

Preguntas para análisis*

1. Prepare una lista con la explosión de materiales y el costo total de las 216 porciones del platillo de macarrones con queso cubiertos de Cheetos.

2. ¿Cuál es el costo por porción?, ¿cuánto más barato es el platillo de macarrones con queso cubiertos de Cheetos que la creación alternativa del Chef John, los macarrones con queso y pollo búfalo, que se muestra en la figura 14.9 de este capítulo?
3. Suponiendo que no hay inventario inicial del platillo de macarrones con queso cubiertos de Cheetos y el tiempo de preparación para la totalidad de las 216 porciones es de 0.6 horas, ¿cuándo debe comenzar la preparación?

Fuente: Profesores Barry Render (Rollins College), Jay Heizer (Texas Lutheran University) y Beverly Amer (Northern Arizona University).

*Quizá desee ver el video que complementa el presente caso antes de responder a estas preguntas.

★ **MRP en Wheeled Coach**



Wheeled Coach, el productor más grande de ambulancias en el mundo, arma sus productos en miles de configuraciones distintas que cambian constantemente. La característica de personalización de su negocio significa una gran cantidad de alternativas y diseños especiales, y una pesadilla potencial con la programación y el inventario. Wheeled Coach enfrentó esos problemas y tuvo éxito en solucionar muchos de ellos con un sistema MRP (descrito en el *Perfil global de una compañía* que abre este capítulo). No obstante, como en la mayoría de las instalaciones del sistema MRP, al solucionar un conjunto de problemas se descubre otro.

Uno de los nuevos aspectos que debió estudiar la gerente de la planta, Lynn Whalen, fue el exceso de inventario descubierto. Los administradores de operaciones encontraron que una cantidad significativa del inventario ni siquiera se usaba en los productos terminados. El exceso de inventario fue evidente por el alto grado de precisión requerido por el sistema MRP. Otra razón fue una nueva serie de informes generados por el sistema IBM MAPICS MRP comprado por Wheeled Coach. Uno de ellos, conocido como “dónde se usa”, permitió descubrir que muchos artículos del inventario no figuraban en las listas estructuradas de materiales (BOM) de ninguno de los productos actuales. En algunos casos, la razón por la que ciertos artículos estaban en el almacén sigue siendo un misterio.

El descubrimiento del inventario excedente originó nuevos esfuerzos para asegurar que las listas estructuradas de materiales fueran precisas. Después de mucho trabajo aumentó la precisión en las BOM y disminuyó el número de notificaciones de cambios de ingeniería (ECN). De igual forma, la precisión

de las órdenes de compra con respecto al número de partes y a las cantidades solicitadas también mejoró. Además, la precisión del departamento de recepción y del almacén mejoró, lo cual ayuda a mantener los programas, costos y, finalmente, las fechas de envío y la calidad.

Con el tiempo, Lynn Whalen concluyó que las cantidades residuales de inventario excedente eran el resultado, cuando menos en parte, de los rápidos cambios en el diseño y la tecnología de las ambulancias. Otra fuente eran los cambios hechos por el cliente después de haber determinado las especificaciones y ordenado los materiales. Estos últimos sobrantes ocurren porque aun cuando el tiempo de salida de producción de Wheeled Coach es de sólo 17 días, muchos de los artículos que compra requieren tiempos de entrega mucho más largos.

Preguntas para análisis*

1. ¿Por qué la precisión es un factor tan importante en el inventario de Wheeled Coach?
2. ¿Por qué Wheeled Coach tiene un inventario excedente y qué clase de plan le sugeriría para manejar este problema?
3. Sea específico en sus sugerencias para reducir el inventario y en la manera de implementarlas.

*Quizá desee ver el video que complementa el presente caso antes de responder a estas preguntas.

Capítulo 14 Repaso rápido

Título principal Repaso del material

DEMANDA DEPENDIENTE (p. 554)	<p>La demanda de artículos es dependiente cuando es posible determinar la relación entre los artículos. Para cualquier producto, todos sus componentes son artículos con demanda dependiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Planeación de los requerimientos de materiales (MRP) —Una técnica de demanda dependiente que usa una lista estructurada de materiales, inventario, facturación esperada y un programa de producción maestro para determinar los requerimientos de materiales. 	
REQUERIMIENTOS DEL MODELO DE INVENTARIO DEPENDIENTE (pp. 554-558)	<p>Los modelos de inventario dependiente requieren que el administrador de operaciones conozca: (1) El programa de producción maestro; (2) las especificaciones o la lista estructurada de materiales; (3) el inventario disponible; (4) las órdenes de compra pendientes; y (5) los tiempos de entrega.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Programa de producción maestro (MPS) —Una tabla de tiempo que especifica qué debe hacerse y cuándo hacerlo. <p>El MPS es una declaración de <i>lo que se va a producir</i>, no es un pronóstico de la demanda.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Lista estructurada de materiales (BOM) —Un listado de los componentes, su descripción y la cantidad requerida de cada uno para hacer una unidad de un producto. <p>Los artículos ubicados arriba de cualquier nivel se denominan <i>padres</i>; los artículos ubicados abajo de cualquier nivel se llaman <i>componentes</i> o <i>hijos</i>. En una BOM, el nivel superior es el nivel 0.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Listas modulares —Listas estructuradas de materiales organizadas por subensambles principales o por alternativas de producto. ■ Listas de planeación (o juegos) —Un agrupamiento de materiales creado con el fin de asignar un padre artificial a la lista estructurada de materiales; también se conocen como “pseudos” listas. ■ Listas fantasma de materiales —Listas de materiales para componentes, en general subensambles, que existen sólo temporalmente; nunca están en inventario. ■ Codificación del nivel más bajo —Un número que identifica a los artículos por el nivel más bajo en que pueden ocurrir. ■ Tiempo de entrega —En los sistemas de compras, es el tiempo que transcurre entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y su recepción; en los sistemas de producción, es la suma de los tiempos de ordenar, esperar, hacer fila, preparar y correr la producción de cada componente. <p>Cuando una lista estructurada de materiales se pone de lado y se modifica agregándole los tiempos de entrega para cada componente, tenemos una <i>estructura de producto escalonada</i>.</p>	<p>Problemas 14.1, 14.3</p> <p>VIDEO 14.1 Cuando 18 500 aficionados del Orlando Magic vienen a cenar.</p> <p>VIDEO 14.2 MRP en Wheeled Coach Ambulances</p>
ESTRUCTURA MRP (pp. 559-563)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Plan de requerimientos brutos de materiales —Un programa que muestra la demanda total de un artículo (antes de restar el inventario actual y las entregas programadas), así como (1) cuándo debe ordenarse a los proveedores o (2) cuándo debe iniciar la producción para satisfacer su demanda en una fecha particular. ■ Plan de requerimientos netos —El resultado de ajustar los requerimientos brutos al inventario disponible y a las recepciones programadas. ■ Recepción planeada de la orden —La cantidad que se planea recibir en una fecha futura. ■ Liberación planeada de la orden —La fecha programada para liberar una orden. <p>Requerimientos netos = Requerimientos brutos + Asignaciones – (Inventario disponible + Recepciones programadas)</p>	<p>Problemas 14.2, 14.4-14.8</p>
ADMINISTRACIÓN MRP (pp. 563-564)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nerviosismo del sistema —Cambios frecuentes en un sistema MRP. ■ Barreras de tiempo —Una manera de permitir que un segmento del programa maestro se designe como “no debe ser reprogramado”. ■ Rastreo inverso —En los sistemas de planeación de los requerimientos de materiales, es el seguimiento hacia arriba que se le da al artículo padre en la lista estructurada de materiales del componente. <p>Cuatro enfoques para la integración de MRP y JIT son (1) la programación finita de la capacidad, (2) los cubos pequeños, (3) el flujo balanceado, y (4) los supermercados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Cubos —Unidades de tiempo en un sistema de planeación de los requerimientos de materiales. <p>La programación finita de la capacidad (FCS) considera la capacidad del departamento y de la máquina. La FCS proporciona la programación precisa que se requiere para el movimiento rápido del material.</p>	
TÉCNICAS PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DEL LOTE (pp. 564-568)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Decisión sobre el tamaño del lote —Es el proceso de, o las técnicas usadas para, determinar el tamaño de un lote. ■ Lote por lote —Una técnica para determinar el tamaño del lote, la cual genera justo lo que se requiere para cumplir con el plan. ■ Cantidad de pedido periódica (POQ) —Una técnica para ordenar el inventario que emite pedidos en un intervalo de tiempo predeterminado, donde la cantidad a ordenar cubre el total de los requerimientos del intervalo. <p>En general, el enfoque de lote por lote se debe utilizar siempre que puedan lograrse preparaciones de entrega de bajo costo.</p>	<p>Problemas 14.17-14.19, 14.21-14.22</p>

Título principal Repaso del material**EXTENSIONES DE LA MRP**
(pp. 568-571)

- **Planeación de los requerimientos de materiales II (MRP II)** —Un sistema que permite, con una MRP en funciones, aumentar los datos del inventario con otras variables de recursos; en este caso, la MRP se convierte en *planeación de los recursos de materiales*.
- **Sistema MRP de ciclo cerrado** —Un sistema que proporciona retroalimentación al plan de la capacidad, al programa de producción maestro, y al plan de producción a fin de mantener todo el tiempo la validez del plan.
- **Informe de carga** —Un informe que muestra los requerimientos de recursos en un centro de trabajo para cumplir con todo el trabajo asignado a dicho centro; también muestra todas las órdenes planeadas y esperadas. Las tácticas para suavizar la carga de trabajo y disminuir al mínimo el efecto de los cambios en el tiempo de entrega incluyen: la *superposición*, la *división de las operaciones* y la *división del lote o de la orden*.

MRP EN LOS SERVICIOS
(pp. 571-572)

- **Planeación de la distribución de los recursos (DRP)** —Un plan de reabastecimiento escalonado del inventario para todos los niveles de una red de distribución.

PLANEACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA (ERP)
(pp. 572-574)

- **Planeación de los recursos de la empresa (ERP)** —Un sistema de información utilizado para planear e identificar los amplios recursos empresariales necesarios para tomar, procesar, enviar y contabilizar las órdenes del cliente.
En un sistema ERP, los datos se introducen una sola vez en una base de datos común, completa y consistente que es compartida por todas las aplicaciones.
- **Respuesta eficiente al consumidor** —Sistemas de administración de la cadena de suministro para la industria de los abarrotes que vinculan las ventas con las compras, el inventario, la logística y la producción.

Autoevaluación

- **Antes de realizar la autoevaluación**, revise los objetivos de aprendizaje presentados al inicio del capítulo y los términos clave mencionados al final del mismo.

OA1. En un diagrama de estructura del producto:

- a) los padres se encuentran sólo en el nivel superior del diagrama.
- b) los padres se encuentran en todos los niveles del diagrama.
- c) los hijos se encuentran en todos los niveles del diagrama excepto en el nivel superior.
- d) todos los artículos registrados en el diagrama son tanto padres como hijos.
- e) Todas las afirmaciones anteriores son verdaderas.

OA2. La diferencia entre un plan de requerimientos bruto (MRP bruto) y un plan de requerimientos neto (MRP neto) es:

- a) el MRP bruto no se puede computarizar, pero el MRP neto sí.
- b) el MRP bruto incluye consideraciones sobre el inventario disponible, mientras que el MRP neto no.
- c) el MRP neto incluye consideraciones sobre el inventario disponible, mientras que el MRP bruto no.
- d) el MRP bruto no toma en cuenta los impuestos, mientras que el MRP neto sí lo hace.
- e) el MRP neto sólo es un estimado, mientras que el MRP bruto se usa para implementar la programación de producción real.

OA3. Requerimientos netos =

- a) Requerimientos brutos + Asignaciones – Inventario disponible + Recepciones programadas.
- b) Requerimientos brutos – Asignaciones – Inventario disponible – Recepciones programadas.
- c) Requerimientos brutos – Asignaciones – Inventario disponible + Recepciones programadas.
- d) Requerimientos brutos + Asignaciones – Inventario disponible – Recepciones programadas.

OA4. Un procedimiento para la determinación del tamaño de lote que ordena en un intervalo de tiempo predeterminado donde la cantidad de pedido es igual al total de los requerimientos del intervalo es

- a) la cantidad de pedido periódica.
- b) el balanceo parcial del periodo.
- c) la cantidad de pedido económica.
- d) todas las anteriores.

OA5. MRP II significa:

- a) planeación de los recursos de materiales.
- b) planeación de los requerimientos de administración.
- c) planeación de los recursos de administración.
- d) planeación de los ingresos de material.
- e) planeación del riesgo material.

OA6. Un sistema MRP _____ proporciona información al plan de la capacidad, al plan de producción maestro, y en última instancia al plan de producción.

- a) dinámico
- b) de ciclo cerrado
- c) continuo
- d) retrospectivo
- e) introspectivo

OA7. ¿Qué sistema extiende el MRP II para vincular a los clientes y proveedores?

- a) MRP III
- b) JIT
- c) IRP
- d) ERP
- e) MRP II mejorado

Respuestas: OA1. c; OA2. c; OA3. d; OA4. a; OA5. a; OA6. b; OA7. d