

CAPÍTULO 15

Programación a corto plazo

Esquema del capítulo

Perfil global de una compañía: Delta Air Lines

- Importancia estratégica de la programación a corto plazo 602
- Aspectos de la programación 602
 - Programación hacia adelante y hacia atrás 603
 - Criterios de programación 605
- Programación en instalaciones orientadas al proceso 605
- Cargas de trabajo 606
 - Control de insumos y productos 606
 - Gráficas de Gantt 607
 - Método de asignación 609
- Secuenciación de trabajos 612
 - Reglas de prioridad para asignar trabajos 612
 - Razón crítica 615
 - Secuencia de N trabajos en dos máquinas: regla de Johnson 616
 - Limitaciones de los sistemas de despacho basados en reglas 618
- Programación de capacidad finita (FCS) 618

- Teoría de las restricciones 619
 - Cuello de botella 620
 - Tambor, amortiguador, cuerda 620
- Programación de instalaciones repetitivas 621
- Programación de servicios 621
 - Programación de empleados de servicios mediante programación cíclica 623
- Resumen 625
- Términos clave 625
- Uso de software para la programación a corto plazo 625
- Problemas resueltos 627
- Ejercicio de modelo activo 630
- Autoevaluación 631
- Ejercicios para el estudiante 631
- Preguntas para análisis 631
- Dilema ético 632
- Problemas 632
- Estudio de caso: Old Oregon Wood Store 635
- Caso en video: Programación en Hard Rock Café 636
- Estudio de casos adicionales 637
- Bibliografía 637
- Recursos en internet 637

Objetivos de aprendizaje

- Al terminar de estudiar este capítulo, usted será capaz de
1. Explicar la relación entre programación a corto plazo, planeación de la capacidad, planeación agregada, y un programa maestro
 2. Dibujar gráficas de Gantt de carga y programación
 3. Aplicar el método de asignación para cargar trabajos
 4. Mencionar y describir cada una de las reglas de prioridad para la secuenciación
 5. Usar la regla de Johnson
 6. Definir el concepto de programación de capacidad finita
 7. Enumerar los pasos a seguir en la teoría de las restricciones
 8. Usar la técnica de programación cíclica

Diez decisiones estratégicas en AO

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

Programación

Agregada

A corto plazo

Mantenimiento

Perfil global de una compañía: Delta Air Lines

Programación de vuelos cuando el clima es adverso

Los administradores de operaciones de las líneas aéreas aprenden a esperar lo inesperado. Los eventos que requieren un reprogramación rápida son una parte normal de la vida. A través de las duras experiencias sobre tornados, ventiscas y tormentas de nieve, las aerolíneas de todo el mundo luchan por resolver el problema de las demoras, las cancelaciones y los pasajeros furiosos. Los cambios inevitables en los horarios suelen crear un efecto en cadena que impacta a pasajeros atrapados en una red de docenas de aeropuertos. En un año típico, alrededor del 10% de los vuelos de Delta Air Lines se alteran, la mitad debido al clima; el costo es una pérdida de 440 millones de dólares por ingresos perdidos, pago de tiempo extra, y vales de comida y hospedaje.

4 A.M.
PRONÓSTICO:
Lluvia con probabilidad de nieve ligera en Atlanta.

ACCIÓN:
Analizar la situación de las aeronaves y la necesidad de posibles cancelaciones.



10 A.M.
PRONÓSTICO:
Lluvia y hielo después de las 5 P.M.

ACCIÓN:
Tener listos camiones para deshielo; desarrollar planes para cancelar del 50 al 80% de los vuelos después de las 6 P.M.



1:30 P.M.
PRONÓSTICO:
La lluvia se convierte en nieve.

ACCIÓN:
Cancelar la mitad de los vuelos entre 6 P.M. y 10 A.M.; notificar a los pasajeros, y enviar aviones por otras rutas.



5 P.M.
PRONÓSTICO:
Menos nieve de lo esperado.

ACCIÓN:
Seguir llamando a los pasajeros y arreglar vuelos alternados.



10 P.M.
PRONÓSTICO:
Disminución de nieve.

ACCIÓN:
Encontrar hoteles para 1,600 pasajeros detenidos por la tormenta.



▲ Esto es lo que tuvieron que hacer los directivos de Delta cuando en un día de diciembre cayó una tormenta sobre Atlanta.

▼ Para mejorar los esfuerzos de reprogramación de vuelos, Delta usa pantallas gigantes de monitoreo que despliegan cartas meteorológicas, patrones de clima y mapas de sus vuelos en su centro de control de operaciones ubicado en Atlanta.





Las interrupciones relacionadas con el clima pueden crear importantes problemas de programación y costosas erogaciones por remoción de nieve a las aerolíneas (izquierda), así como grandes inconveniencias para los pasajeros (derecha).



► *En un esfuerzo por mantener sus horarios de vuelo, Delta Air Lines emplea equipo moderno, como el de la fotografía, para la remoción de hielo.*



Ahora Delta se saca la espina de las pesadillas de programación provenientes de los problemas relacionados con el clima gracias a su centro de alta tecnología, con un valor de 33 millones de dólares, adyacente al aeropuerto internacional de Atlanta. El centro de control de operaciones de Delta, gracias a sus computadoras, sistemas de telecomunicaciones y dispositivos contra el hielo, avisa rápidamente a los pasajeros sobre cualquier cambio, reasignación de rutas y vuelos en tránsito. El trabajo del centro de control de operaciones es mantener los vuelos fluyendo con la mayor suavidad posible a pesar de las interrupciones.

Los 18 empleados del centro, que tienen acceso más rápido a la información, analizan grandes cantidades de datos transmitidos por las computadoras y hacen ajustes rápidos a los cambios. Delta emplea

los modelos matemáticos de programación que se describen en este capítulo, y con ello decide los cambios en sus horarios y rutas. Esto significa coordinar la entrada y salida de aviones, asegurarse de que las tripulaciones correctas estén disponibles, reprogramar conexiones para coordinar los tiempos de llegada, y asegurarse de que la información llegue a los pasajeros tan pronto como sea posible.

El software de Delta, denominado Sistema de reprogramación de pasajeros afectados, avisa a los pasajeros sobre demoras o cancelaciones de vuelos, e incluso los coloca en líneas aéreas de la competencia si es necesario. Con 150,000 pasajeros que llegan y salen de Atlanta todos los días, Delta estima que sus esfuerzos de programación le ahorran 35 millones de dólares al año.

IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DE LA PROGRAMACIÓN A CORTO PLAZO

Delta Airlines no sólo programa los vuelos de 625 aviones todos los días; también programa más de 10,000 pilotos y asistentes de vuelo que se encargan de asignar lugar a pasajeros deseosos de llegar a su destino. Esta programación tiene como base enormes programas de cómputo y desempeña un papel central en la satisfacción de los clientes. Delta encuentra una ventaja competitiva gracias a su flexibilidad para adaptarse, a última hora, a la demanda y a las interrupciones ocasionadas por el clima.

Las empresas de manufactura también elaboran programas para ajustar su producción a las demandas de los clientes. La planta de Lockheed-Martin, en Dallas, programa sus máquinas, herramientas y personal para fabricar partes de aviones. La computadora central de Lockheed descarga los programas adecuados para la producción de partes en un sistema flexible de maquinado (FMS; *Flexible Machining System*), en el cual un gerente toma la última decisión. El FMS permite fabricar partes de muchos tamaños y formas en cualquier orden, sin alterar la producción. Con la versatilidad de esta programación, las partes quedan listas justo a tiempo, consumen tiempos de preparación cortos, poco trabajo en proceso, y hay una alta utilización de las máquinas. La buena programación es lo que permite a compañías como Lockheed cumplir con las fechas de entrega que han prometido a sus clientes y enfrentar una competencia basada en el tiempo.

La importancia estratégica de la programación es clara:

- La programación efectiva implica un movimiento más rápido de bienes y servicios a través de una instalación. Esto significa un mayor uso de sus activos y, por consiguiente, mayor capacidad por dólar invertido, lo que a su vez *reduce los costos*.
- La capacidad agregada, la producción más rápida, y la flexibilidad relacionada proporcionan un mejor servicio al cliente mediante una *entrega más rápida*.
- Una buena programación también contribuye a crear compromisos realistas y, por ende, a una *entrega confiable*.

ASPECTOS DE LA PROGRAMACIÓN

La programación trata con los tiempos de las operaciones. En la tabla 15.1 se muestran las decisiones de programación que afrontan cinco organizaciones un hospital, una universidad, un fabricante, un restaurante y una línea aérea. Como se observa en la figura 15.1, hay una secuencia de decisiones que afecta la programación. Las decisiones de programación inician con la planeación de la *capacidad*, la cual involucra *la totalidad de las instalaciones y los recursos de equipo disponibles* (que se estudiaron en el capítulo 7 y su suplemento). Los **planes de capacidad** suelen ser anuales o trimestrales cuando se compran o descartan nuevos equipos e instalaciones. En la **planeación agregada** (capítulo 13), se toman las decisiones que se refieren al uso de las instalaciones, al inventario, a las personas y a la subcontratación. Por lo general, los planes agregados son mensuales, y *los recursos se asignan en términos de una medida agregada como unidades, toneladas u horas en planta totales*. Sin embargo, el **programa maestro** desarticula el plan agregado y prepara un *programa para productos específicos o líneas de producto para cada semana*. Después, los **programas a corto plazo** traducen las decisiones

Objetivo de aprendizaje

1. Explicar la relación entre programación a corto plazo, planeación de la capacidad, planeación agregada, y un programa maestro

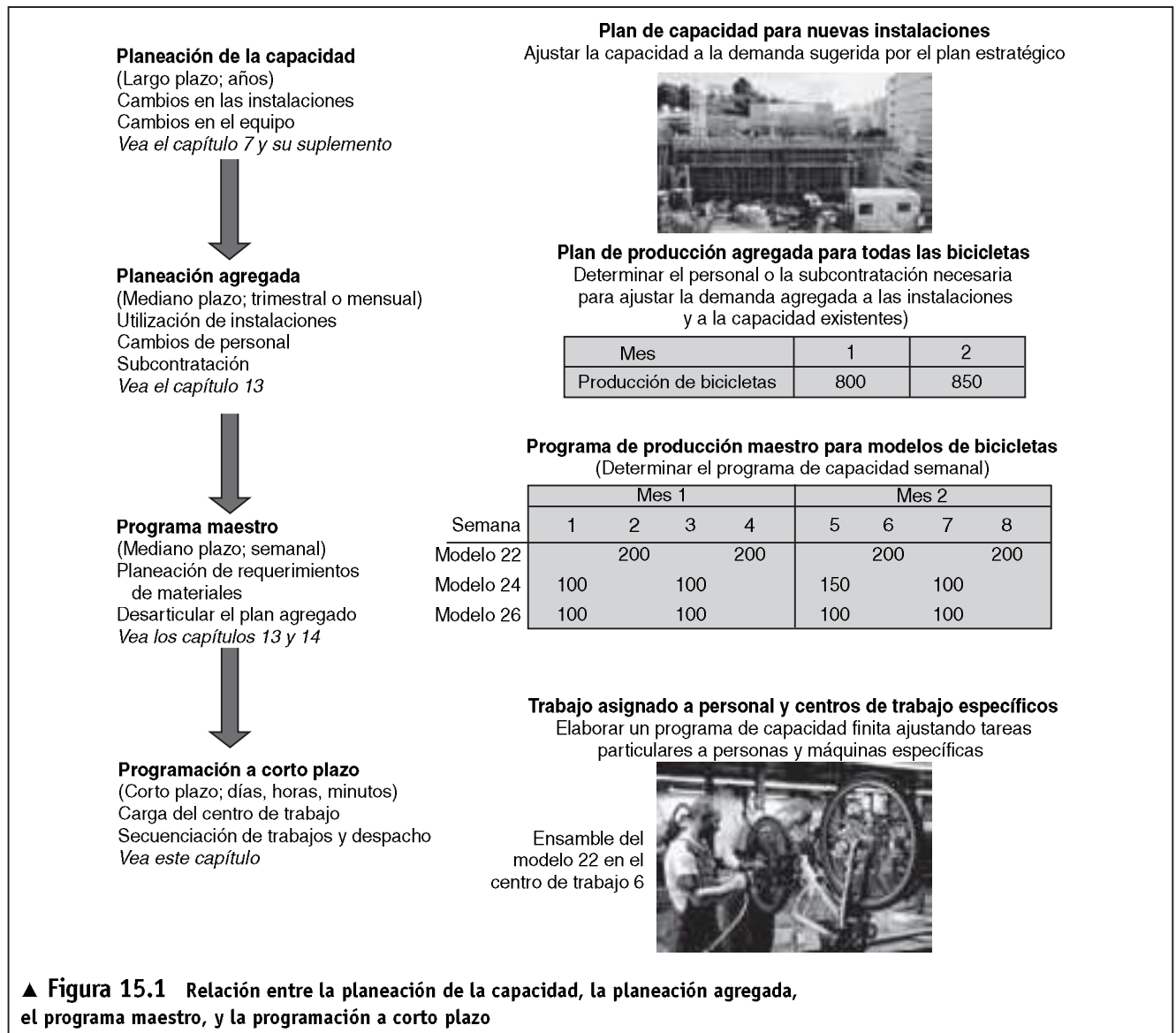
► Tabla 15.1

Decisiones de programación

Organización	Los administradores deben programar lo siguiente
Hospital Arnold Palmer	Uso de la sala de operaciones Admisión de pacientes Personal de enfermería, seguridad y mantenimiento Tratamiento de pacientes externos
Universidad de Missouri	Aulas y equipo audiovisual Horarios de estudiantes y profesores Cursos de licenciatura y posgrado
Fábrica de Lockheed-Martin	Producción de bienes Compras de materiales Trabajadores
Hard Rock Café	Chef, camareros, cantineros Entrega de alimentos frescos Entretimiento Apertura de áreas de comida
Delta Air Lines	Mantenimiento de aviones Horarios de salida Tripulaciones de vuelo, comidas, puertas de salida y personal de mostrador



Video 15.1
Programación en
Hard Rock



sobre la capacidad, la planeación agregada (intermedia) y los programa maestros en secuencias de tareas y *asignaciones específicas de personal, materiales y maquinaria*. En este capítulo se describe el tema concreto de la programación de bienes y servicios a *corto plazo* (es decir, ajustar los requerimientos diarios u horarios a personal y equipos específicos).

El objetivo de la programación es asignar y priorizar la demanda (generada por pronósticos o pedidos de los clientes) a las instalaciones disponibles. Dos factores significativos para el logro de esta asignación y priorización son (1) el tipo de programación, hacia adelante o hacia atrás, y (2) los criterios para decidir las prioridades. A continuación se analizan estos dos temas.

Programación hacia adelante y hacia atrás

Programar implica asignar fechas de entrega a tareas específicas, pero muchas tareas compiten al mismo tiempo por los mismos recursos. Para ayudar a analizar las dificultades inherentes a la programación, las técnicas de programación se pueden clasificar en (1) programación hacia adelante y (2) programación hacia atrás.

La **programación hacia adelante** inicia el programa tan pronto como se conocen los requerimientos del trabajo. Una gran variedad de organizaciones utilizan la programación hacia adelante, entre las cuales se encuentran hospitales, clínicas, restaurantes de alta cocina, y fabricantes de máquinas-herramienta. En estas instalaciones, los trabajos se realizan por pedidos de los clientes y la entrega a menudo se solicita lo antes posible. La programación hacia adelante suele estar diseñada para producir un programa que se puede cumplir, aun cuando esto signifique no cumplir con la fecha de entrega. En muchos casos, la programación hacia adelante ocasiona que se acumule el inventario de trabajo en proceso.

Programación hacia adelante

Programación que inicia el programa tan pronto como se conocen los requerimientos.

► U.S. Steel mantiene su operación de clase mundial automatizando la programación de personal, máquinas y herramientas en su sala de control de laminado en caliente. El software de programación computarizada ayuda a los administradores a vigilar la producción.



Programación hacia atrás

Programación que inicia con la fecha de entrega y programa primero la operación final, y los pasos de las otras tareas en orden inverso.

La **programación hacia atrás** inicia con la fecha de entrega, y programa primero la operación *final*. Después programa uno por uno los pasos del trabajo en orden inverso. Al restar el tiempo de entrega de cada artículo se obtiene el tiempo de inicio. Sin embargo, quizá no se cuente con los recursos necesarios para realizar el programa. La programación hacia atrás se usa en muchos entornos tanto de manufactura como de servicios, como el abastecimiento necesario para preparar un banquete o la programación de una cirugía. En la práctica, es posible que se use una combinación de las programaciones hacia adelante y hacia atrás a fin de encontrar un intercambio razonable entre lo que se puede lograr y las fechas de entrega al cliente.

La descompostura de máquinas, el ausentismo, los problemas de calidad, los faltantes y otros factores complican aún más la programación. (Vea el recuadro de *AO en acción* “La programación de trabajadores que se duermen en el trabajo es muy difícil”). En consecuencia, la asignación de una fecha no garantiza que el trabajo se realizará de acuerdo con el programa. Se han desarrollado muchas técnicas especializadas para ayudar en la preparación de programas confiables.

AO en acción

La programación de trabajadores que se duermen en el trabajo es muy difícil literalmente

Los accidentes ocurridos en las plantas nucleares de Three Mile Island, Pensylvania, y Chernobyl, Rusia, y el desastre en Bhopal, India, tuvieron algo en común: ocurrieron entre la media noche y las 4:00 A.M. Estas instalaciones tenían otros problemas, pero la necesidad de dormir las convirtió en un sitio de trabajo con desempeño poco confiable. En ocasiones, los trabajadores incapaces de manejar un programa de trabajo con cambios de horario constantes simplemente se quedan dormidos.

Lo mismo ocurre con los pilotos de aviación. Su programación inconsistente muchas veces los obliga a dormir en la cabina del avión para lograr suficiente descanso. El Dassault Falcon 20, que se destruyó después de impactarse en Groenlandia en 2001, se estrelló a las 4:43 A.M., y era pilotado por una tripulación que tal vez llevaba despierta más de 22 horas en el momento del accidente. De manera similar, el capitán y el primer oficial del DC-8 que se desplomó al aproximarse a la bahía de Guantánamo, Cuba, en 1993, habían estado despiertos durante 23.5 y 19 horas, respectivamente. Un piloto de Fedex dijo recientemente que se quedó dormido mientras se dirigía a la posición de despegue.

Millones de personas en todo el mundo trabajan en industrias que operan las 24 horas. En entrevistas con investigadores, empleados del turno nocturno cuentan haber visto a trabajadores de la línea de ensamble que se

caen de sus banquillos al dormirse, montones de piezas defectuosas que pasan de largo ante la vista de inspectores adormilados, y operadores de grúas que por estar exhaustos chocan contra los muros. Casi todos los trabajadores que rotan turnos son privados del sueño. Y la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico Aéreo de Estados Unidos indica que la somnolencia puede ser un factor decisivo en aproximadamente 100,000 accidentes anuales.

La programación es un problema importante en las empresas que operan turnos las 24 horas del día 7 días a la semana, pero algunos administradores están emprendiendo acciones para enfrentar los problemas de sueño que se relacionan con los horarios de los trabajadores. Por ejemplo, Motorola, Dow Chemical, Detroit Edison, Pennzoil y Exxon están dando a sus trabajadores varios días libres entre cambios de turno.

Es posible que los administradores de operaciones programen turnos de trabajo menos peligrosos, con jornadas que no excedan las 12 horas, que estimulen 8 horas de sueño por día, y que amplíen el tiempo entre los cambios de turno. A medida que se aprende más acerca de la remuneración económica por horarios no diurnos y los cambios de horario, las compañías están mejorando la programación.

Fuentes: *Air Safety Week* (22 de marzo de 2004): 1; *Safety and Health* (enero de 2004): 14; y *Knight-Ridder Tribune News* (9 de abril de 2006): 1.

Criterios de programación

La técnica de programación correcta depende del volumen de pedidos, de la naturaleza de las operaciones, y de la complejidad global de los trabajos, así como de la importancia que se dé a cada uno de los cuatro criterios que se describen a continuación:

1. *Minimizar el tiempo de terminación:* Este criterio se evalúa determinando el tiempo promedio de terminación por trabajo.
2. *Maximizar la utilización:* Este criterio se evalúa determinando el porcentaje de tiempo que se usa la instalación.
3. *Minimizar el inventario de trabajo en proceso (WIP):* Esto se evalúa determinando el número promedio de trabajos incluidos en el sistema. La relación entre el número de trabajos en el sistema y el inventario WIP será alta. Por lo tanto, cuanto menor sea el número de trabajos en el sistema, menor será el inventario.
4. *Minimizar el tiempo de espera del cliente:* Este criterio se evalúa determinando el número promedio de días de retraso.

En este capítulo, así como en la industria, se usan estos cuatro criterios para evaluar el desempeño de la programación. Además, los buenos enfoques de programación deben ser sencillos, claros, fáciles de entender, fáciles de llevar a cabo, flexibles y realistas.

En la tabla 15.2 se proporciona una visión general de los diferentes procesos y enfoques existentes para implementar la programación.

Ahora examinaremos cómo se practica la programación de la producción orientada al proceso, en instalaciones repetitivas, y en el sector servicios.

PROGRAMACIÓN EN INSTALACIONES ORIENTADAS AL PROCESO

Las *instalaciones orientadas al proceso* (también llamadas para *trabajos de taller, producción intermitente o producción sobre pedido*),¹ como se observa en la tabla 15.2, son sistemas de alta variedad y bajo volumen que por lo común se encuentran en organizaciones de manufactura y servicios. Se trata de sistemas de producción que fabrican los productos con base en un pedido. Los artículos producidos en este sistema difieren considerablemente en términos de los materiales empleados, el orden del procesamiento, los requerimientos y el tiempo de procesamiento, y los requerimientos de

- **Instalaciones enfocadas al proceso (talleres de trabajo)** La programación se enfoca en un programa que mira hacia delante y que se logra inicialmente con fechas establecidas mediante MRP y refinadas con las técnicas de programación de capacidad finita que se analizan en este capítulo. Estas instalaciones incluyen la mayor parte de la producción mundial. Entre los ejemplos pueden mencionarse las fundidoras, los talleres de maquinado, gabinete e impresión, muchos restaurantes y la industria de la moda.
- **Células de trabajo (instalaciones enfocadas que procesan familias de componentes similares)** La programación se enfoca en la generación de un programa que mira hacia delante. La MRP genera las fechas de entrega, y los detalles subsecuentes de programación y despacho se realizan en la célula de trabajo con kanban y reglas de prioridad. Los ejemplos incluyen células de trabajo del fabricante de ambulancias Wheeled Coach, el reconstructor de motores de avión Standard Aero, y el fabricante de tarjetas de felicitación Hallmark.
- **Instalaciones repetitivas (líneas de ensamble)** La programación se enfoca en generar un programa que mira hacia delante, el cual se logra al balancear la línea con técnicas tradicionales de las líneas de ensamble como las que se presentaron en el capítulo 9. Las técnicas de jalar, como JIT y kanban (analizadas en el capítulo 8), señalan la programación del componente a fin de apoyar la línea de ensamble. Las instalaciones repetitivas incluyen líneas de ensamble habilitadas para armar una amplia variedad de productos, desde automóviles hasta electrodomésticos y computadoras. Estos problemas de programación representan un reto, pero casi siempre ocurren cuando el proceso es nuevo o cuando los productos o modelos cambian.
- **Instalaciones enfocadas al producto (continuas)** Estas instalaciones producen un volumen muy alto y una variedad limitada de productos tales como el papel en las enormes máquinas de International Paper, la cerveza en una cervecería de Anheuser-Busch, o acero laminado en una planta de Nucor. La programación genera un programa que mira hacia delante, el cual puede satisfacer una demanda razonablemente estable con la capacidad fija existente. La capacidad en estas instalaciones suele estar limitada por la inversión de capital a largo plazo. Por lo general, se conoce la capacidad de la instalación, así como el tiempo de preparación y producción para el rango limitado de productos. Lo anterior permite que la programación sea bastante directa.

◀ Tabla 15.2

Diferentes procesos y enfoques para implementar la programación

¹Gran parte de la literatura existente sobre programación se refiere a la manufactura; por lo tanto, con frecuencia se usa el término tradicional de *programación de la producción sobre pedido*.

preparación. Debido a estas diferencias, la programación puede resultar muy compleja. El administrador necesita un sistema de planeación y control de la producción para operar las instalaciones de manera balanceada y eficiente. Este sistema debe:

1. Programar los pedidos entrantes sin violar las restricciones de capacidad de los centros de trabajo individuales.
2. Verificar la disponibilidad de herramientas y materiales antes de liberar un pedido a un departamento.
3. Establecer fechas de entrega para cada trabajo y comparar el avance con las fechas en que se necesitan y los tiempos de entrega de las órdenes.
4. Verificar el avance del trabajo conforme las tareas van siendo realizadas a través del taller.
5. Proporcionar retroalimentación sobre las actividades realizadas en la planta y las tareas de producción.
6. Proporcionar estadísticas de la eficiencia laboral y vigilar los tiempos de los operarios para efectuar el análisis de distribución de la nómina y la mano de obra.

Sin importar si el sistema de programación es manual o automatizado, siempre debe ser exacto y relevante. Esto significa que requiere una base de datos de producción con archivos de control y de planeación.² Los siguientes son tres tipos de **archivos de planeación**:

1. Un *archivo maestro de artículos*, el cual contiene información acerca de cada componente que la empresa produce o compra.
2. Un *archivo de rutas* que indica el flujo de cada componente a través del taller.
3. Un *archivo maestro del centro de trabajo* que contiene información del centro de trabajo, tal como capacidad y eficiencia.

Los **archivos de control** dan seguimiento al avance real en comparación con el avance establecido en el plan para cada orden de trabajo.

CARGAS DE TRABAJO

Cargar significa asignar tareas a los centros de trabajo o procesamiento. Los administradores de operaciones asignan los trabajos entre los centros de tal forma que los costos, el tiempo ocioso o los tiempos de terminación se minimicen. Las cargas para los centros de trabajo se asignan de dos formas.³ Una está orientada a la capacidad; la otra se refiere a asignar tareas específicas a los centros de trabajo.

Primero, examinamos las cargas desde la perspectiva de la capacidad mediante una técnica conocida como control de *insumos y productos*. Después, presentamos dos enfoques usados para cargar: las *gráficas de Gantt* y el *método de asignación* de programación lineal.

Control de insumos y productos

Muchas empresas tienen dificultades para programar (es decir, lograr una producción efectiva) porque sobrecargan los procesos de producción. Esto suele ocurrir cuando se desconoce el desempeño real de los centros de trabajo. Una programación efectiva depende del ajuste que haya entre el programa y el desempeño. La falta de conocimiento de la capacidad y del desempeño ocasiona una reducción de la producción.

El **control de insumos y productos** es una técnica que permite al personal de operaciones administrar el flujo de trabajo en la instalación. Si el trabajo está llegando más rápido de lo que se procesa, se sobrecargan las instalaciones y se desarrollan órdenes pendientes. La sobrecarga ocasiona que la instalación se sature, lo cual conduce a ineficiencias y problemas de calidad. Cuando el trabajo llega a una tasa menor que el desempeño de las tareas, la instalación se subutiliza y el centro de trabajo podría quedarse sin trabajo. El resultado de la subutilización de una instalación es capacidad inactiva y desperdicio de recursos. El ejemplo 1 ilustra el uso de controles de insumos y productos.

Cargar

Asignación de tareas a los centros de trabajo o procesamiento.

Control de insumos y productos

Sistema que permite al personal de operaciones administrar los flujos de trabajo en la instalación mediante el seguimiento al trabajo que se agrega a un centro de trabajo y al trabajo terminado.

EJEMPLO 1

Control de insumos y productos

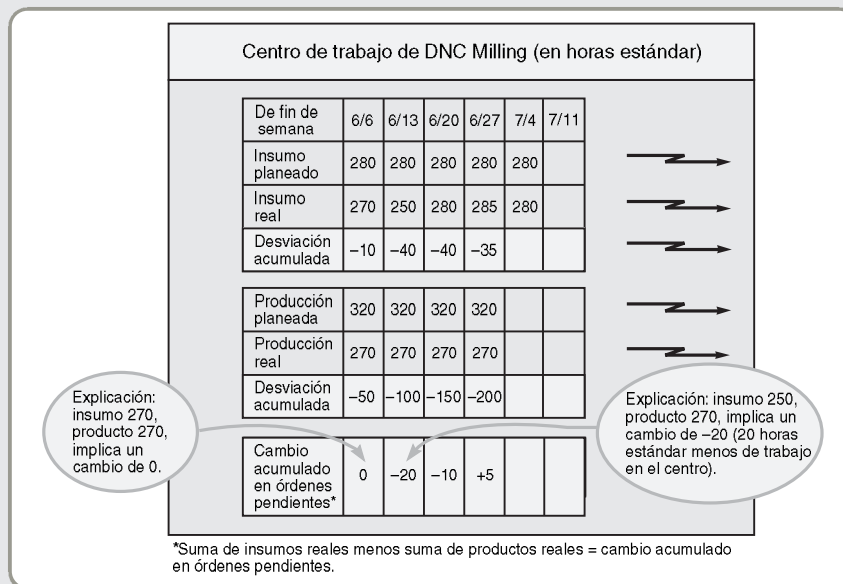
DNC Machining fabrica cercas de seguridad y puertas de entrada de distintos tamaños. La empresa desea desarrollar un informe de control de insumos y productos para el centro de maquinado de aluminio para 5 semanas (semanas del 6 de junio al 4 de julio). El insumo planeado es de 280 horas estándar por semana. El insumo real se acerca a esta cifra, con variación de entre 250 y 285. La producción está programada para 320 horas estándar, que es la capacidad supuesta. En el centro de trabajo hay órdenes pendientes por 300 horas.

Método: DNC utiliza información del programa para crear la figura 15.2, la cual monitorea la relación entre carga de trabajo y capacidad en el centro de trabajo.

²Para obtener una explicación más amplia, vea *APICS Study Aid—Detailed Scheduling and Planning* (Alejandría, VA: American Production and Inventory Control Society).

³Observe que este análisis se aplica a centros de trabajo que podemos llamar “taller intermitente” en el caso de una empresa de manufactura, “unidad” en un hospital, o “departamento” en una oficina o cocina grande.

Solución: Las desviaciones entre los insumos programados y el producto real se muestran en la figura 15.2. El producto real (270 horas) es sustancialmente inferior al planeado. Por lo tanto, no se está logrando el plan de insumos ni el de productos.



◀ **Figura 15.2**
Control de insumos y productos

Razonamiento: Los órdenes pendientes en este centro han aumentado 5 horas para la semana que inicia el 27 de junio. Esto aumenta el inventario de trabajo en proceso, complica la tarea de programación e indica que el administrador debe realizar alguna acción.

Ejercicio de aprendizaje: Si el producto real para la semana que inicia el 27 de junio fue de 275 (en vez de 270), ¿qué cambia? [Respuesta: La desviación acumulada en el producto es ahora de -195, y el cambio acumulado en órdenes faltantes es 0].

Problema relacionado: 15.21

El control de insumos y productos se puede mantener mediante un sistema de **tarjetas ConWIP**, el cual controla la cantidad de trabajo en un centro de trabajo. ConWIP es un acrónimo de trabajo en proceso constante (*constant work-in-process*). La tarjeta ConWIP viaja con un trabajo (o lote) a través del centro de trabajo. Cuando el trabajo se completa, la tarjeta se libera y regresa a la estación de trabajo inicial. La tarjeta ConWIP limita de manera efectiva la cantidad de trabajo en el centro de trabajo, controla el tiempo de entrega y monitorea los órdenes pendientes.

Las alternativas que tiene el personal de operaciones para administrar el flujo de trabajo en la instalación son:

1. Corregir el desempeño
2. Aumentar la capacidad
3. Incrementar o reducir el insumo del centro de trabajo mediante (a) rutas para los trabajos desde o hacia otros centros de trabajo; (b) aumento o disminución de la subcontratación; (c) disminución (o aumento) de la producción

Producir menos no es una solución muy popular, pero las ventajas pueden ser sustanciales. Primero, es posible mejorar el nivel de servicio al cliente porque las unidades se pueden producir a tiempo. Segundo, de hecho es posible mejorar la eficiencia porque acumula menos inventario en proceso que aumenta los costos fijos en el centro de trabajo. Tercero, es posible mejorar la calidad porque una menor cantidad de trabajo en proceso oculta menos los problemas.

Gráficas de Gantt

Las **gráficas de Gantt** son una ayuda visual muy útil para determinar las cargas de trabajo y la programación. Deben su nombre a Henry Gantt, quien las desarrolló a finales del siglo XIX. Las gráficas muestran el uso de los recursos; por ejemplo, los centros de trabajo y la mano de obra.

Cuando se usan para *cargar*, las gráficas de Gantt muestran las cargas y los tiempos ociosos de diversos departamentos, máquinas o instalaciones. Despliegan las cargas de trabajo relativas en el

Tarjetas ConWIP

Tarjetas que controlan la cantidad de trabajo en un centro de trabajo, ayudando al control de insumos y productos.

Gráficas de Gantt

Gráficas de planeación que se usan para programar recursos y asignar tiempo.

sistema para que el administrador sepa qué ajustes son adecuados. Por ejemplo, cuando un centro de trabajo está sobrecargado, pueden transferirse empleados desde otro centro que tenga poca carga para aumentar la fuerza de trabajo. O si los trabajos en espera se procesan en centros de trabajo diferentes, algunos trabajos de los centros con sobrecarga pueden transferirse a los centros con poca carga. También es común transferir el equipo versátil de un centro a otro. En el ejemplo 2 se ilustra una gráfica de Gantt de carga sencilla.

EJEMPLO 2

Gráfica de Gantt de carga

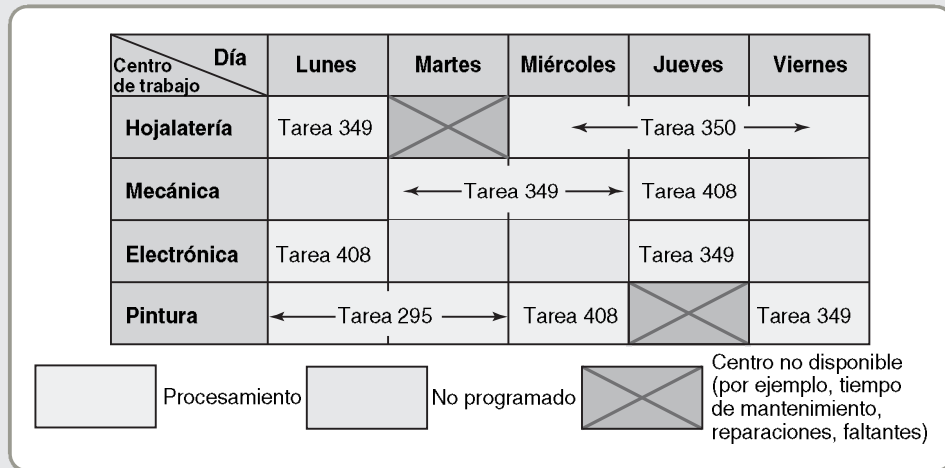
► **Figura 15.3**

Gráfica de Gantt para las cargas de la semana del 8 de marzo

En Nueva Orleans, un fabricante de lavadoras de ropa acepta pedidos especiales de lavadoras que se usarán en instalaciones únicas como submarinos, hospitales y grandes lavanderías industriales. La producción de cada máquina requiere distintas tareas y duraciones. La compañía desea construir una gráfica de carga para la semana del 8 de marzo.

Método: La gráfica de Gantt se selecciona como la herramienta gráfica adecuada para resolver este problema.

Solución: En la figura 15.3 se muestra la gráfica de Gantt completa.



Razonamiento: Los cuatro centros de trabajo procesan varias tareas durante la semana. Esta gráfica en particular indica que los centros de hojalatería y de pintura están totalmente cargados toda la semana. El centro de mecánica y el de electrónica tienen cierto tiempo ocioso repartido durante la semana. También se observa que el centro de hojalatería no está disponible el martes y el centro de pintura no está disponible el jueves, quizá por mantenimiento preventivo.

Ejercicio de aprendizaje: ¿Qué impacto resulta si el centro de trabajo de electrónica se cierra el martes para mantenimiento preventivo? [Respuesta: ninguno].

Problema relacionado: 15.1b

Objetivo de aprendizaje

2. Dibujar gráficas de Gantt de carga y programación

La *gráfica de Gantt de carga* tiene una limitación importante: No toma en cuenta la variabilidad de la producción, como descomposturas inesperadas o errores humanos que requieren repetir algún trabajo. En consecuencia, la gráfica debe actualizarse en forma regular para que refleje los nuevos trabajos y las estimaciones de tiempo calculadas.

Una *gráfica de Gantt de programación* se usa para vigilar el avance de los trabajos.⁴ Indica qué tareas están a tiempo y cuáles están adelantadas o atrasadas. En la práctica, se encuentran muchas versiones de esta gráfica. La gráfica de programación incluida en el ejemplo 3 coloca los trabajos en proceso en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal.

EJEMPLO 3

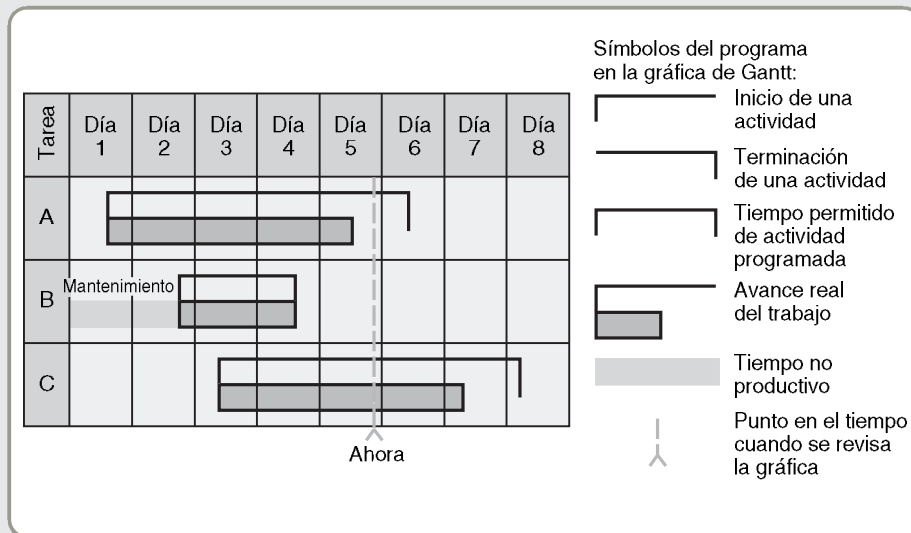
Gráfica de Gantt de programación

First Printing de Winter Park, Florida, quiere usar la gráfica de Gantt para mostrar la programación de tres órdenes, las tareas A, B y C.

Método: En la figura 15.4, cada par de corchetes incluido en el eje del tiempo denota el tiempo estimado para iniciar y terminar el trabajo indicado dentro de ellos. Las barras sólidas reflejan la situación real o el progreso del trabajo. Estamos terminando el día 5.

⁴Las gráficas de Gantt también se usan para programación de proyectos, tal como se señala en el capítulo 3, “Administración de proyectos”.

Solución:



Razonamiento: En la figura 15.4 se ilustra que la tarea A está atrasada en aproximadamente medio día con respecto al programa al final del día 5. La tarea B se completó después del mantenimiento dado al equipo. La tarea C va adelantada con respecto al programa.

Ejercicio de aprendizaje: Vuelva a dibujar la gráfica de Gantt para mostrar que la tarea A está medio día *adelante* del programa. [Respuesta: La barra gris oscuro se extiende ahora hasta el final de la actividad].

Problemas relacionados: 15.1a, 15.2

◀ **Figura 15.4**

Gráfica de Gantt para programar los trabajos A, B y C de una compañía de impresión

Método de asignación

El **método de asignación** involucra asignar tareas o trabajos a los recursos. Los ejemplos incluyen asignar tareas a máquinas, contratos a licitantes, personas a proyectos, y vendedores a territorios. El objetivo más frecuente es minimizar el costo total o el tiempo requerido para realizar las tareas. Una característica importante de los problemas de asignación es que sólo un trabajo (o trabajador) se asigna a una máquina (o proyecto).

Cada problema de asignación usa una tabla. Los números de la tabla representan los costos o los tiempos que se asocian con cada asignación particular. Por ejemplo, si First Printing tiene tres tipógrafos disponibles (A, B y C) y debe realizar tres nuevos trabajos, su tabla se vería como la que se muestra enseguida. Las entradas monetarias representan la estimación que hace la empresa de lo que le costará que cada tipógrafo termine cada uno de los trabajos.

Trabajo	Tipógrafo		
	A	B	C
R-34	\$11	\$14	\$6
S-66	\$8	\$10	\$11
T-50	\$9	\$12	\$7

El método de asignación implica sumar o restar las cifras correspondientes de la tabla con el fin de encontrar el *costo de oportunidad*⁵ más bajo para cada asignación. Para ello se deben seguir cuatro pasos:

1. Restar el número menor de cada renglón a cada uno de los números anotados en ese renglón y después, en la matriz resultante, tomar el número menor de cada columna y restarlo a todos los números de esa columna. Este paso tiene el efecto de reducir los números de la tabla hasta que se presente una serie de ceros, los cuales significan *costos de oportunidad nulos*. Aunque los números cambian, este problema reducido es equivalente al original y tendrá la misma solución óptima.

⁵Los costos de oportunidad son las ganancias que se dejaron pasar o que no se obtuvieron.

Método de asignación

Clase especial de modelos de programación lineal que implica asignar tareas o trabajos a recursos.

Objetivo de aprendizaje

3. Aplicar el método de asignación para cargar trabajos

2. Trazar el número mínimo necesario de líneas rectas verticales y horizontales para cubrir todos los ceros de la tabla. Si el número de líneas es igual al número de renglones o al número de columnas de la tabla, entonces podremos hacer una asignación óptima (vea el paso 4). Si el número de líneas es menor que el de renglones o columnas, entonces continuamos con el paso 3.
3. Restar el número menor que no esté cubierto por una línea a los otros números que no estén cubiertos. Sumar el mismo número a cualquier número que esté en la intersección de cualesquiera dos líneas. No cambiar el valor de los números que están cubiertos sólo por una línea. Volver al paso 2 y seguir hasta que sea posible hacer una asignación óptima.
4. Las asignaciones óptimas siempre estarán donde haya ceros en la tabla. Una manera sistemática de hacer asignaciones válidas consiste en seleccionar primero un renglón o una columna que sólo contenga un cuadro con cero. Podemos hacer una asignación a ese cuadro y después tachar su renglón y su columna. De los renglones y columnas que no están tachados, escogemos otro renglón o columna donde sólo haya un cero. Hacemos esa asignación y continuamos con el procedimiento hasta haber asignado cada persona o máquina a una tarea.

El ejemplo 4 muestra cómo usar el método de asignación.

EJEMPLO 4

Método de asignación



Archivo de datos para Excel OM Ch15Ex4.xls

First Printing and Copy Center desea encontrar la asignación que tenga el costo total mínimo de 3 trabajos a 3 tipógrafos.

Método: La tabla de costos mostrada en esta sección se repite aquí, y se aplican los pasos del 1 al 4.

TIPÓGRAFO \ TRABAJO	A	B	C
R-34	\$11	\$14	\$ 6
S-66	\$ 8	\$10	\$11
T-50	\$ 9	\$12	\$ 7

solución:

Paso 1a: Usando la tabla anterior, reste el menor número de cada renglón a todos los números del renglón. El resultado se muestra en la tabla de la izquierda.

TIPÓGRAFO \ TRABAJO	A	B	C
R-34	5	8	0
S-66	0	2	3
T-50	2	5	0

TIPÓGRAFO \ TRABAJO	A	B	C
R-34	5	6	0
S-66	0	0	3
T-50	2	3	0

Paso 1b: Usando la tabla izquierda anterior, reste el menor número de cada columna a cada número anotado en la columna. El resultado se muestra en la tabla de la derecha.

Paso 2: Trace la cantidad mínima de líneas verticales y horizontales necesarias para cubrir todos los ceros. Como es suficiente con dos líneas, la solución no es óptima.

TIPÓGRAFO \ TRABAJO	A	B	C
R-34	5	6	0
S-66	0	0	3
T-50	②	3	0

Menor número sin cubrir

Paso 3: Reste el menor número sin cubrir (2 en la tabla) a todos los números sin cubrir y súmelo a los números que se encuentran en la intersección de dos líneas.

TIPÓGRAFO \ TRABAJO	A	B	C
R-34	3	4	0
S-66	0	0	5
T-50	0	1	0

Regrese al paso 2. De nuevo, tache los ceros con líneas.

TIPÓGRAFO \ TRABAJO	A	B	C
R-34	3	4	0
S-66	0	0	5
T-50	0	1	0

Como se necesitan tres líneas, se puede hacer una asignación óptima (vea el paso 4 en la página 610). Asigne R-34 a la persona C; S-66 a la persona B, y T-50 a la persona A. En referencia a la tabla de costo original, vemos que:

$$\text{Costo mínimo} = \$6 + \$10 + \$9 = \$25$$

Razonamiento: Si se hubiera asignado S-66 al tipógrafo A, no podríamos asignar T-50 a un cuadro con cero.

Ejercicio de aprendizaje: Si la realización del trabajo R-34 por el tipógrafo C cuesta \$10 (en vez de \$6), ¿cómo cambia la solución? [Respuesta: R-34 a A; S-66 a B; T-50 a C: costo = \$28].

Problemas relacionados: 15.3, 15.4, 15.5, 15.6, 15.7, 15.8, 15.9

Algunos problemas de asignación implican *maximizar* la utilidad, la efectividad, o el pago de una asignación de personas a tareas o de trabajos a máquinas. Es fácil obtener un problema de minimización equivalente si se convierte cada número de la tabla a una *pérdida de oportunidad*. Para convertir un problema de maximización en un problema equivalente de minimización, restamos cada número de la tabla de pagos original al número más grande de esa tabla. Después volvemos al paso 1 de los cuatro pasos del método de asignación. Resulta entonces que minimizar la pérdida de oportunidad produce la misma solución de asignación que el problema original de maximización.



◀ El problema de programar al equipo de árbitros de las ligas mayores de béisbol, de una serie de juegos a la siguiente, se complica debido a las muchas restricciones que existen para los viajes, como el cambio de horario entre una costa y la otra, los horarios de los vuelos en las líneas aéreas, y los juegos nocturnos que se alargan. La liga lucha por lograr dos objetivos en conflicto: (1) balancear las asignaciones del conjunto de árbitros en forma relativamente pareja entre todos los equipos durante una temporada, y (2) minimizar los costos de viaje. Usando la formulación del problema de asignación, el tiempo que tarda la liga en generar un programa ha disminuido significativamente y la calidad del programa ha mejorado.

Secuenciación

Determinar el orden en que se deben realizar los trabajos en cada centro de trabajo.

Reglas de prioridad

Reglas que se usan para determinar la secuencia de trabajos en las instalaciones orientadas al proceso.

Primero en entrar, primero en servir (PEPS)

Los trabajos se realizan según el orden de su llegada.

Tiempo de procesamiento más corto (TPC)

Los trabajos que tienen un tiempo de procesamiento más corto se asignan primero.

Fecha de entrega más próxima (FEP)

Los trabajos que tienen las fechas de entrega más próximas se realizan primero.

Tiempo de procesamiento más largo (TPL)

Los trabajos con el tiempo de procesamiento más largo son los primeros en terminarse.

SECUENCIACIÓN DE TRABAJOS

La *programación* proporciona una base para asignar tareas a los centros de trabajo. *Cargar* es una técnica que sirve para controlar la capacidad y destacar la sobrecarga o el déficit de carga. La **secuenciación** (también conocida como despacho) especifica el orden en que deben realizarse los trabajos en cada centro. Por ejemplo, suponga que se asignan 10 pacientes a una clínica para recibir tratamiento médico. ¿En qué orden deben atenderse? ¿El primer paciente que se atienda debe ser el que llega primero o el que necesita con urgencia un tratamiento? Los métodos de secuenciación proporcionan este tipo de información detallada. Estos métodos se conocen como reglas de prioridad para enviar trabajos a los centros de trabajo.

Reglas de prioridad para asignar trabajos

Las **reglas de prioridad** proporcionan lineamientos para determinar la secuencia en que se deben realizar los trabajos. Las reglas se aplican especialmente en instalaciones orientadas al proceso, como clínicas, imprentas y talleres intermitentes de manufactura. A continuación examinaremos algunas de las reglas de prioridad más populares, las cuales intentan minimizar el tiempo de terminación, el número de trabajos en el sistema, y retraso de los trabajos, al mismo tiempo que maximizan la utilización de las instalaciones.

Las reglas de prioridad más populares son:

- **PEPS: Primero en entrar, primero en servir.** El primer trabajo en llegar al centro de trabajo se procesa primero.
- **TPC: Tiempo de procesamiento más corto.** Los trabajos más cortos se procesan y terminan primero.
- **FEP: Fecha de entrega más próxima.** El trabajo que tiene fecha de entrega más próxima se selecciona primero.
- **TPL: Tiempo de procesamiento más largo.** Los trabajos más largos y más grandes suelen ser muy importantes y se seleccionan primero.

En el ejemplo 5 se comparan estas reglas.

EJEMPLO 5**Reglas de prioridad para despachar**

Cinco trabajos de arquitectura esperan para ser asignados al bufete de arquitectos Avanti Sethi Architects. En la tabla siguiente se proporcionan sus tiempos de trabajo (procesamiento) y fechas de entrega. La empresa quiere determinar la secuencia de procesamiento de acuerdo con las reglas (1) PEPS; (2) TPC; (3) FEP, y (4) TPL. Los trabajos se designaron con una letra de acuerdo a su orden de llegada.

TRABAJO	TIEMPO (DE PROCESAMIENTO) DEL TRABAJO (DÍAS)	FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO (DÍAS)
A	6	8
B	2	6
C	8	18
D	3	15
E	9	23

Método: Las reglas de prioridad se analizan una por una. Se pueden calcular cuatro medidas de efectividad para cada una de las reglas de prioridad y después compararlas para ver cuál es la mejor para la compañía.

Solución:

1. La secuencia *PEPS* que se muestra en la tabla siguiente es simplemente A-B-C-D-E. El “tiempo de flujo” en el sistema para esta secuencia mide el tiempo que pasa en espera cada trabajo más el tiempo de procesamiento. El trabajo B, por ejemplo, espera 6 días mientras se procesa el trabajo A, después el trabajo A toma 2 días más el tiempo de operación en sí; estará terminado en 8 días, es decir, 2 días después de su fecha de entrega.

SECUENCIA DE TRABAJO	TIEMPO (DE PROCESAMIENTO) DEL TRABAJO	TIEMPO DE FLUJO	FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	RETRASO DEL TRABAJO
A	6	6	8	0
B	2	8	6	2
C	8	16	18	0
D	3	19	15	4
E	9	28	23	5
	28	77		11

**Modelo activo 15.1**

El ejemplo 5 se ilustra con más detalle en el modelo activo 15.1 del CD-ROM y en el ejercicio de la página 630.

La regla del primero en entrar, primero en servir da por resultado las siguientes medidas de la efectividad:

- a. Tiempo de terminación promedio = $\frac{\text{Suma del tiempo de flujo total}}{\text{Número de trabajos}}$
 $= \frac{77 \text{ días}}{5} = 15.4$
- b. Utilización = $\frac{\text{Tiempo de procesamiento total del trabajo}}{\text{Suma del tiempo de flujo total}}$
 $= \frac{28}{77} = 36.4\%$
- c. Número promedio de trabajos en el sistema = $\frac{\text{Suma del tiempo de flujo total}}{\text{Tiempo de procesamiento total del trabajo}}$
 $= \frac{77 \text{ días}}{28 \text{ días}} = 2.75 \text{ trabajos}$
- d. Retraso promedio del trabajo = $\frac{\text{Días de retraso total}}{\text{Número de trabajos}} = \frac{11}{5} = 2.2 \text{ días}$

2. La regla *TPC* mostrada en la tabla siguiente da como resultado la secuencia B-D-A-C-E. La secuencia de las órdenes se establece de acuerdo con el tiempo de procesamiento y los trabajos más breves tienen la prioridad más alta.

SECUENCIA DE TRABAJO	TIEMPO (DE PROCESAMIENTO) DEL TRABAJO	TIEMPO DE FLUJO	FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	RETRASO DEL TRABAJO
B	2	2	6	0
D	3	5	15	0
A	6	11	8	3
C	8	19	18	1
E	9	28	23	5
	28	65		9

Las medidas de efectividad para la *TPC* son:

- a. Tiempo de terminación promedio = $\frac{65}{5} = 13 \text{ días}$
 - b. Utilización = $\frac{28}{65} = 43.1\%$
 - c. Número promedio de trabajos en el sistema = $\frac{65}{28} = 2.32 \text{ trabajos}$
 - d. Retraso promedio del trabajo = $\frac{9}{5} = 1.8 \text{ días}$
3. La regla *FEP* que se muestra en la tabla siguiente da como resultado la secuencia B-A-D-C-E. Observe que los trabajos se ordenan primero según la fecha de entrega más próxima.

SECUENCIA DE TRABAJO	TIEMPO (DE PROCESAMIENTO) DEL TRABAJO	TIEMPO DE FLUJO	FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	RETRASO DEL TRABAJO
B	2	2	6	0
A	6	8	8	0
D	3	11	15	0
C	8	19	18	1
E	9	28	23	5
	28	68		6



Archivo de datos para Excel OM Ch15Ex5.xls

Objetivo de aprendizaje

4. Mencionar y describir cada una de las reglas de prioridad para la secuenciación

Las medidas de efectividad para la FEP son:

- a. Tiempo de terminación promedio = $\frac{68}{5} = 13.6$ días
- b. Utilización = $\frac{28}{68} = 41.2\%$
- c. Número promedio de trabajos en el sistema = $\frac{68}{28} = 2.43$ trabajos
- d. Retraso promedio del trabajo = $\frac{6}{5} = 1.2$ días

4. La regla *TPL* que se muestra en la tabla siguiente resulta en el orden E-C-A-D-B.

SECUENCIA DE TRABAJO	TIEMPO (DE PROCESAMIENTO) DEL TRABAJO	TIEMPO DE FLUJO	FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO	RETRASO DEL TRABAJO
E	9	9	23	0
C	8	17	18	0
A	6	23	8	15
D	3	26	15	11
B	2	28	6	22
	28	103		48

Las medidas de efectividad para la TPL son:

- a. Tiempo de terminación promedio = $\frac{103}{5} = 20.6$ días
- b. Utilización = $\frac{28}{103} = 27.2\%$
- c. Número promedio de trabajos en el sistema = $\frac{103}{28} = 3.68$ trabajos
- d. Retraso promedio del trabajo = $\frac{48}{5} = 9.6$ días

Los resultados de estas cuatro reglas se resumen en la tabla siguiente:

REGLA	TIEMPO DE TERMINACIÓN PROMEDIO (DÍAS)	UTILIZACIÓN (%)	NÚMERO PROMEDIO DE TRABAJOS EN EL SISTEMA	RETRASO DEL TRABAJO (DÍAS)
PEPS	15.4	36.4	2.75	2.2
TPC	13.0	43.1	2.32	1.8
FEP	13.6	41.2	2.43	1.2
TPL	20.6	27.2	3.68	9.6

Razonamiento: La TPL tiene la medida menos efectiva para la secuenciación de los trabajos de la empresa Avanti Sethi. La TPC es superior en tres medidas y la FEP es superior en la cuarta medida (retraso promedio).

Ejercicio de aprendizaje: Si el trabajo A toma 7 días (en vez de 6), ¿cómo cambian las cuatro medidas de efectividad bajo la regla PEPS? [Respuesta: 16.4 días, 35.4%, 2.83 trabajos, 2.8 días de retraso].

Problemas relacionados: 15.10, 15.12a–d, 15.13, 15.14



◀ Su médico podría usar satisfactoriamente la regla del primero en entrar, primero en servir. Sin embargo, esta regla quizá no sea óptima en la sala de urgencias que se muestra en la fotografía. ¿Qué regla de prioridad se usaría ahí y por qué? ¿Qué regla de prioridad suele usarse en los programas de televisión *Grey's Anatomy* y *E.R.*?

Los resultados del ejemplo 5 también suelen ser ciertos en el mundo real. Ninguna regla de secuenciación es siempre superior para todos los criterios. La experiencia indica lo siguiente:

1. Por lo general, el **tiempo de procesamiento más corto** la mejor técnica para minimizar el flujo de trabajo y el número promedio de trabajos en el sistema. Su mayor desventaja es que los trabajos con tiempo de procesamiento más largo podrían retrasarse de manera continua por dar prioridad a los trabajos de duración más corta. A los clientes puede parecerles injusto y es necesario realizar ajustes periódicos para efectuar los trabajos más largos.
2. **Primero en entrar, primero en servir**, no califica bien en la mayoría de los criterios (pero tampoco califica particularmente mal). Sin embargo, tiene la ventaja de que a los clientes les parece justo, lo cual es importante en los sistemas de servicio.
3. La **fecha de entrega más próxima** minimiza la tardanza máxima, lo cual puede ser necesario para los trabajos que tienen una penalización muy alta si se entregan después de cierta fecha. Por lo general, la FEP funciona bien cuando el retraso es un factor importante.

Los resultados de una regla de despacho cambian dependiendo de qué tan llena esté la instalación.

Razón crítica

La razón crítica es otro tipo de regla de secuenciación. La **razón crítica (RC)** es un índice numérico que se calcula dividiendo el tiempo que falta para la fecha de entrega entre el tiempo de trabajo que resta. A diferencia de las reglas de prioridad, la razón crítica es dinámica y fácil de actualizar. Tiende a arrojar mejores resultados que las PEPS, TPC, FEP y TPL en el criterio del retraso promedio del trabajo.

La razón crítica da prioridad a los trabajos que se deben realizar para cumplir con el programa de embarques. Un trabajo con una razón crítica baja (menor que 1.0) está atrasado con respecto al programa. Si la RC es exactamente de 1.0, el trabajo está a tiempo. Una RC superior a 1.0 significa que el trabajo va adelantado y que tiene cierta holgura.

La fórmula de la razón crítica es:

$$RC = \frac{\text{Tiempo restante}}{\text{Días de trabajo restantes}} = \frac{\text{Fecha de entrega} - \text{fecha actual}}{\text{Tiempo de trabajo (entrega) restante}}$$

En el ejemplo 6 se muestra cómo usar la razón crítica.

Hoy es el día 25 en el programa de producción de Zyc Medical Testing Laboratories. Hay órdenes para tres trabajos, como se indica a continuación:

Trabajo	Fecha de entrega	Días de trabajo restantes
A	30	4
B	28	5
C	27	2

EJEMPLO 6

Razón crítica

Método: Zyco quiere calcular las razones críticas, usando la fórmula de la RC.

Solución:

Trabajo	Razón crítica	Orden de prioridad
A	$(30 - 25)/4 = 1.25$	3
B	$(28 - 25)/5 = .60$	1
C	$(27 - 25)/2 = 1.00$	2

Razonamiento: El trabajo B tiene una razón crítica menor que 1, lo cual significa que estará atrasado a menos que se agilice. Por lo tanto, tiene la prioridad más alta. El trabajo C está en tiempo y el trabajo A tiene cierta holgura. Cuando el trabajo B se haya terminado, será necesario volver a calcular las razones críticas de los trabajos A y C para determinar si sus prioridades han cambiado.

Ejercicio de aprendizaje: Hoy es el día 24 (un día antes) en el programa de Zyco. Calcule de nuevo las RC y determine las prioridades. [Respuesta: 1.5, 0.8, 1.5; B sigue siendo número 1, pero A y C están empatados en segundo lugar].

Problemas relacionados: 15.11, 15.12e, 15.16

En la mayoría de los sistemas de programación de la producción, la regla de la razón crítica puede ayudar a lo siguiente:

1. Determinar la situación de un trabajo específico.
2. Establecer la prioridad relativa de los trabajos partiendo de una base común.
3. Relacionar en una base común los trabajos que pueden cubrirse con el inventario y los que se hacen sobre pedido.
4. Ajustar automáticamente las prioridades (y revisar los programas) según los cambios en la demanda y el avance de los trabajos.
5. Dar seguimiento dinámico al avance de los trabajos.

Secuencia de *N* trabajos en dos máquinas: regla de Johnson

El siguiente paso en complejidad es cuando *N* trabajos (donde *N* es 2 o más) deben pasar por dos máquinas o centros de trabajo distintos en el mismo orden. Este problema se conoce como problema *N/2*.

La **regla de Johnson** se puede usar para minimizar el tiempo de procesamiento de la secuencia de un grupo de trabajos que pasan por dos centros de trabajo. También minimiza el tiempo ocioso total en las máquinas. La *regla de Johnson* implica la realización de cuatro pasos:

1. Hacer una lista de todos los trabajos que incluya el tiempo requerido por cada trabajo en una máquina.
2. Seleccionar el trabajo con el tiempo de actividad más corto. Si el tiempo más corto está en la primera máquina, ese trabajo se programa primero. Si el tiempo más corto está en la segunda máquina, ese trabajo se programa al final. Los empates en los tiempos de actividad se pueden romper de manera arbitraria.
3. Una vez que se programa un trabajo, debe eliminarse de la lista.
4. Se aplican los pasos 2 y 3 a los trabajos restantes, trabajando hacia el centro de la secuencia.

En el ejemplo 7 se muestra cómo aplicar la regla de Johnson.

Regla de Johnson

Enfoque que minimiza el tiempo de procesamiento para establecer la secuencia de un grupo de trabajos en dos centros de trabajo, al mismo tiempo que minimiza el tiempo muerto total en los centros de trabajo.

EJEMPLO 7

Regla de Johnson

Un taller de maquinado y troquelado de La Crosse, Wisconsin, tiene cinco trabajos especiales que deben procesarse en dos centros de trabajo (taladro de prensa y torno). A continuación se muestra el tiempo de procesamiento para cada trabajo:

Tiempos de trabajo (procesamiento) para los trabajos (en horas)		
Trabajo	Centro de trabajo 1 (taladro)	Centro de trabajo 2 (torno)
A	5	2
B	3	6
C	8	4
D	10	7
E	7	12

El propietario, Niranján Pati, quiere establecer la secuencia que minimiza el tiempo total de procesamiento de los cinco trabajos.

Método: Pati aplica los cuatro pasos de la regla de Johnson.

Solución:

1. El trabajo con el tiempo de procesamiento más corto es A, en el centro de trabajo 2 (con un tiempo de 2 horas). Como está en el segundo centro, A se programa al último y ya no se toma en cuenta.

				A
--	--	--	--	---

2. El trabajo B tiene el siguiente tiempo más corto (3 horas). Como ese tiempo se encuentra en el primer centro de trabajo, lo programamos al principio y dejamos de tomarlo en cuenta.

B				A
---	--	--	--	---

3. El siguiente tiempo más corto es del trabajo C (4 horas) en la segunda máquina. Por lo tanto, se coloca lo más tarde posible.

B			C	A
---	--	--	---	---

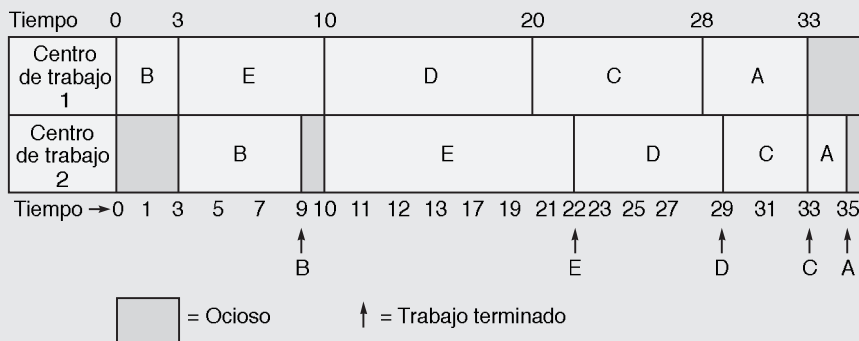
4. Existe un empate (en 7 horas) para el trabajo más corto restante. Podemos colocar primero el E, que estaba en el primer centro de trabajo. Después se coloca D en la última posición libre de la secuencia.

B	E	D	C	A
---	---	---	---	---

Los tiempos secuenciales son:

Centro de trabajo 1	3	7	10	8	5
Centro de trabajo 2	6	12	7	4	2

El flujo escalonado de esta secuencia de trabajo se ilustra mejor con una gráfica:



Así, los cinco trabajos se completan en 35 horas.

Razonamiento: El segundo centro de trabajo esperará 3 horas para recibir su primer trabajo, y también esperará 1 hora después de completar el trabajo B.

Ejercicio de aprendizaje: Si el trabajo C toma 8 horas en el centro de trabajo 2 (en vez de 4 horas), ¿qué secuencia es la mejor? [Respuesta: B-E-C-D-A].

Problemas relacionados: 15.15, 15.17, 15.18

Objetivo de aprendizaje

5. Usar la regla de Johnson

Limitaciones de los sistemas de despacho basados en reglas

Las técnicas de programación que se acaban de describir se basan en reglas, pero los sistemas basados en reglas tienen una serie de restricciones. Entre éstas se encuentran las siguientes:

1. La programación es dinámica; por lo tanto, es preciso revisar las reglas para adaptarlas a los cambios en el proceso, el equipo, la mezcla de productos, etcétera.
2. Las reglas no están dirigidas ni hacia arriba ni hacia abajo; pueden no reconocer recursos ociosos y recursos que forman cuellos de botella en otros departamentos.
3. Las reglas no ven más allá de las fechas de entrega. Por ejemplo, dos pedidos podrían tener la misma fecha de entrega. Una orden implica reabastecer a un distribuidor y la otra es un pedido personalizado que, si no se entrega a tiempo, ocasionará que el cliente cierre su fábrica. Los dos pueden tener la misma fecha de entrega, aunque resulta evidente que el pedido personalizado es más importante.

A pesar de estas limitaciones, los programadores con frecuencia usan reglas de secuenciación como TPC, FEP o razón crítica. Aplican estos métodos periódicamente a cada centro de trabajo y después modifican la secuencia para manejar la multitud de variables del mundo real. Lo hacen en forma manual o con un software de programación finita.

PROGRAMACIÓN DE CAPACIDAD FINITA (FCS)

La programación a corto plazo también se denomina programación de capacidad finita.⁶ La **FCS** (*Finite Capacity Scheduling*; **programación de capacidad finita**) supera las desventajas de los sistemas basados exclusivamente en reglas proporcionando al programador computación interactiva y salidas gráficas. En los entornos de programación dinámica como los talleres intermitentes (con una alta variedad, bajo volumen y recursos compartidos) esperamos cambios pero los cambios interrumpen los programas. Por lo tanto, los administradores de operaciones se están moviendo hacia los sistemas FCS que permiten que el operario haga cambios casi de manera instantánea. Las mejoras de la comunicación en planta también están mejorando la precisión y la velocidad de la información necesaria para ejercer un control efectivo en los talleres de trabajo. Las máquinas controladas por computadora pueden monitorear eventos y recopilar información casi en tiempo real. Esto significa que el programador puede hacer cambios al programa con base en la información de último minuto. Estos programas

La programación puede ser muy compleja y aún así ofrecer malos resultados esta combinación no es muy fructífera. Aunque existan reglas sofisticadas, es muy difícil lograr una buena programación.

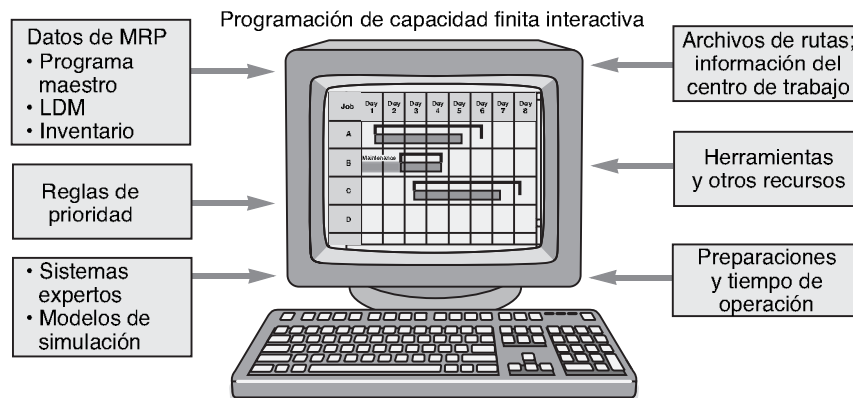
Programación de capacidad finita (FCS)

Programación computarizada de corto plazo que supera las desventajas de los sistemas basados en reglas porque proporciona al usuario computación interactiva gráfica.

► Este software de programación de capacidad finita, *Lekin*, presenta un programa de los cinco trabajos y los dos centros de trabajo mostrados en el ejemplo 7 (págs. 616-617) en la forma de gráfica de Gantt. El software es capaz de usar toda una variedad de reglas de prioridad, varios tipos de taller, hasta 50 tareas, 20 centros de trabajo y 100 máquinas para generar un programa. El software *Lekin* está en su CD y puede resolver muchos de los problemas presentados al final de este capítulo.



⁶Los sistemas de programación de capacidad finita (FCS) reciben varios nombres, incluyendo programación finita y sistemas de planeación adelantada (APS). También se puede emplear el nombre sistemas de ejecución de manufactura (MES), pero éste tiende a sugerir un énfasis en el sistema de informes desde las operaciones de taller hasta la actividad de programación. Vea O. Gusikhim y G. Rossi, "Well-Connected: MES Data Integration in the Automobile Supply Chain", *APICS: The Performance Advantage* (febrero de 2005): 32-35.

◀ **Figura 15.5**

Los sistemas de programación de capacidad finita combinan MRP y los datos de la planta de producción para generar una gráfica de Gantt que el usuario puede manipular en la pantalla de su computadora

muchas veces se presentan en forma de gráfica de Gantt. Además de incluir las alternativas de las reglas de prioridad, muchos de los sistemas FCS actuales también combinan un “sistema experto” o técnicas de simulación y permiten que el programador asigne costos a las diferentes posibilidades. El programador tiene flexibilidad para manejar una situación cualquiera, incluso cambios en las órdenes, la mano de obra y las máquinas.

A menudo, los datos iniciales para los sistemas de programación finita son los resultados de un sistema MRP. De manera tradicional, la salida de los sistemas MRP se da en “cubos” que no tienen restricción de capacidad. Estos sistemas sólo le dicen al planificador cuándo se necesitan los materiales, sin considerar el aspecto de la capacidad. Debido a que los cubos de tamaño *infinito* no son realistas ni adecuados para la programación detallada, los datos de MRP requieren cierto refinamiento. La salida de MRP se combina con archivos de rutas, fechas de entrega, capacidad de los centros de trabajo, herramientas y otros recursos disponibles para proporcionar los datos necesarios e implementar una FCS efectiva. Éstos son los mismos datos que se necesitan en cualquier sistema manual, pero el software de FCS los formaliza, acelera el análisis, y hace más fáciles los cambios. En la figura 15.5 se muestra la combinación de datos de MRP y FCS, las reglas de prioridad, los modelos para apoyar el análisis, y la salida de una gráfica de Gantt.

La programación de capacidad finita permite cubrir los requerimientos con base en las condiciones y órdenes del día, no de acuerdo con alguna regla predefinida. El programador determina qué constituye un “buen” programa. En la actualidad, más del 60% de las plantas estadounidenses utilizan paquetes de software de FCS como Lekin, ProPlanner, Preactor, Asprova y Jobplan.

TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES

La producción, un importante concepto en operaciones, es el número de unidades procesadas en una instalación y vendidas. La producción es una diferencia crítica entre la empresa exitosa y la fallida. Lo anterior ha conducido a un enfoque en las restricciones que ha sido popularizado por el libro *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* de Eliyahu Goldratt y Jeff Cox.⁷ La **TOC (Theory Of Constraints; teoría de las restricciones)** es el cuerpo de conocimientos que maneja todo lo que limita la habilidad de una organización para lograr sus metas. Las restricciones pueden ser físicas (como la disponibilidad de personal o de procesos, materias primas o suministros) o no físicas (como procedimientos, estados de ánimo y capacitación). La base de la teoría de las restricciones es el reconocimiento y manejo de estas limitaciones mediante un proceso de cinco pasos:

Paso 1: Identificar las restricciones.

Paso 2: Desarrollar un plan para superar las restricciones identificadas.

Paso 3: Enfocar los recursos a lograr el paso 2.

Paso 4: Reducir los efectos de las restricciones restando carga de trabajo o ampliando la capacidad. Asegurarse de que todas las personas afectadas por las restricciones las reconozcan.

Paso 5: Cuando un conjunto de restricciones se supere, volver al paso 1 e identificar nuevas restricciones.

El recuadro de *AO en acción* “La banca y la teoría de las restricciones (TOC)” ilustra estos cinco pasos y muestra que la TOC se emplea tanto en los servicios como en la manufactura.

⁷Eliyahu M. Goldratt y Jeff Cox, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 1986). Para conocer una explicación más amplia de las restricciones, vea J. Davies, V. J. Mabin y S. J. Balderstone, “The Theory of Constraints”, *Omega* 33, núm. 6 (diciembre de 2005): 506; e I. Ehie y C. Sheu, “Integrating Six Sigma and Theory of Constraints for Continuous Improvement”, *Journal of Manufacturing Technology and Management* 16, núm. 5/6 (2005): 542-553.

Objetivo de aprendizaje

6. Definir el concepto de programación de capacidad finita

Teoría de las restricciones

Cuerpo de conocimientos que maneja todo lo que limite la capacidad de una organización para lograr sus metas.

Objetivo de aprendizaje

7. Enumerar los pasos a seguir en la teoría de las restricciones

A0 en acción

La banca y la teoría de las restricciones (TOC)

Cuando un banco del Medio Oeste de Estados Unidos identificó que su eslabón más débil era el departamento de hipotecas, con un tiempo de procesamiento de más de un mes en los préstamos para comprar casa, recurrió a los principios de la TOC para reducir el tiempo promedio para otorgar préstamos. Un equipo interdisciplinario de ocho personas aplicó los cinco pasos descritos en el texto. El equipo trazó algunos diagramas de flujo y encontró que estaba tomando demasiado tiempo (1) hacer los avalúos y las inspecciones de los inmuebles, y (2) verificar el empleo actual del solicitante. Por lo tanto, el primer paso de la TOC fue identificar estas dos restricciones.

El segundo paso fue preparar un plan para disminuir el tiempo de verificación del empleo, así como el avalúo y la investigación sobre inmuebles. El equipo descubrió que podía reducir el tiempo de comprobación del empleo a 2 semanas si el ejecutivo de crédito solicitaba la declaración fiscal de los 2 años anteriores y el talón de pago del mes anterior. Asimismo, encontró soluciones semejantes para reducir el tiempo del avalúo y la inspección.

El tercer paso consistió en reenfocar sus recursos de personal a fin de manejar las dos restricciones con mayor eficiencia. El resultado fue un menor gasto en operaciones y menos inventario (dinero, en este ejemplo del banco), y un aumento en la producción.

El cuarto paso de la TOC requirió que los empleados reforzaran los pasos anteriores y se concentraran en las dos restricciones de tiempo. El banco también dio una prioridad más alta a la verificación para poder superar esa restricción.

Por último, el banco empezó a buscar otras restricciones después de haber superado las primeras. Tal como sucede en todos los esfuerzos de mejora continua, el proceso se inicia de nuevo antes de quedar satisfechos.

Fuentes: *Decision Support Systems* (marzo de 2001): 451-468; *The Banker's Magazine* (enero-febrero de 1997): 53-59; y *Bank Systems and Technology* (septiembre de 1999): S10.

Cuello de botella

Cuello de botella

Operación que limita la salida en la secuencia de producción.

Los centros de trabajo que se constituyen en **cuellos de botella** son restricciones que limitan la salida de producción. Los cuellos de botella tienen menos capacidad que el centro de trabajo anterior o siguiente, y limitan la salida de productos. Los cuellos de botella son una ocurrencia común porque incluso los sistemas bien diseñados pocas veces duran en equilibrio mucho tiempo. Cambiar productos, mezclas de productos y volúmenes muchas veces crea varios cuellos de botella, que también se modifican con el tiempo. En consecuencia, los centros de trabajo forman cuellos de botella en casi todas las instalaciones orientadas al proceso, desde hospitales y restaurantes hasta fábricas. Los administradores de operaciones exitosos hacen frente a los cuellos de botella aumentando su capacidad, cambiando las rutas de trabajo, el tamaño de los lotes, la secuencia del trabajo o aceptando la inactividad en otras estaciones de trabajo.

Existen varias técnicas para enfrentar los cuellos de botella, e incluyen:

- Incrementar la capacidad de la restricción. Esto podría requerir una inversión de capital o más personal y su implementación tomaría tiempo.
- Asegurar la disponibilidad de empleados calificados, con capacitación cruzada, para operar y mantener completamente el centro de trabajo que ocasiona la restricción.
- Desarrollar alternativas para las rutas, los procedimientos de procesamiento o los subcontratistas.
- Trasladar las inspecciones y pruebas a un lugar que esté justo antes del cuello de botella. Este enfoque ofrece la ventaja de que rechaza los defectos potenciales antes de que entren al cuello de botella.
- Programar la producción para que se ajuste a la capacidad del cuello de botella. Lo anterior podría significar que se programe menos trabajo en los centros de trabajo que surten al cuello de botella.

Como un ejemplo, la restricción del hospital Arnold Palmer en el alumbramiento de bebés era la disponibilidad de camas. La solución a *largo plazo* para este cuello de botella fue agregar capacidad mediante un proyecto de construcción de 4 años (vea los casos en video del capítulo 3 y el suplemento 7). Como la restricción *inmediata* no se podía manejar programando bebés ellos operan con su propio programa, el personal del hospital desarrolló un nuevo proceso para ayudar a reducir el cuello de botella. La solución: si una mujer lista para ser dada de alta no podía ser recogida antes de las 5 P.M., el personal del hospital la conducía personalmente junto con el bebé a su casa. Con esto no sólo se desocupaba una cama para la siguiente paciente sino que también establecía una buena relación con la paciente trasladada.

Tambor, amortiguador, cuerda

Tambor, amortiguador, cuerda es otra idea de la teoría de las restricciones. En este contexto, el *tambor* es el ritmo del sistema. Proporciona el programa el paso de la producción. El *amortiguador* es el recurso, por lo general el inventario, necesario para mantener la restricción o las restricciones funcionando a su capacidad. Y la *cuerda* proporciona la sincronización necesaria para jalar las unidades a través del sistema. Se puede pensar en la cuerda como en señales de kanban.

PROGRAMACIÓN DE INSTALACIONES REPETITIVAS

Las metas de programación definidas al principio de este capítulo también son adecuadas para la producción repetitiva. Recuerde del capítulo 7 que los productores repetitivos fabrican productos estándar a partir de módulos. El enfoque usual es desarrollar un programa que mira hacia adelante sobre una línea de ensamble balanceada. (Consulte la tabla 15.2 en la página 605).

Los productores repetitivos quieren satisfacer las demandas de sus clientes, tener menos inversión en inventarios, reducir el tamaño de los lotes, y utilizar el equipo y los procesos. Una técnica para avanzar hacia estas metas es pasar a un programa de uso nivelado de los materiales. El **uso nivelado de materiales** significa tener lotes pequeños frecuentes, de alta calidad, que contribuyan con la producción justo a tiempo. Esto es precisamente lo que hacen los productores de clase mundial como Harley-Davidson y John Deere y Johnson Controls. Las ventajas del uso nivelado de los materiales son:

1. Niveles bajos de inventario, que liberan capital para otros usos
2. Producción más rápida de los artículos (es decir, tiempos de entrega más cortos)
3. Mejor calidad de los componentes y, por ende, mejor calidad del producto
4. Menos requerimientos de espacio en planta
5. Mejor comunicación entre los empleados porque están más cerca unos de otros (lo que puede resultar en un mejor trabajo de equipo y un *espíritu de solidaridad*)
6. Un proceso de producción más fluido porque los lotes grandes no han “ocultado” los problemas

Suponga que un productor repetitivo hace corridas de lotes grandes cada mes. Con un programa de uso nivelado de materiales, la administración tendería a acortar este ciclo mensual a un ciclo por semanas, días o incluso horas.

Una forma de desarrollar un programa de uso nivelado de materiales consiste en determinar primero el tamaño mínimo de los lotes que mantenga el proceso de producción en movimiento. Esto se ilustra en el siguiente capítulo, “Sistemas justo a tiempo y producción esbelta”.

Uso nivelado de materiales

Uso frecuente de lotes pequeños, de gran calidad, que contribuyen a la producción justo a tiempo.

PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS

La programación de los sistemas de servicio difiere en varios puntos de la programación de los sistemas de manufactura:

- En la manufactura, el énfasis de la programación está en los materiales, pero en los servicios está en los niveles de personal.
- Los inventarios pueden ayudar a suavizar la demanda para los fabricantes, pero muchos sistemas de servicio no almacenan inventarios.
- Los servicios requieren mucha mano de obra y la demanda de ésta puede ser sumamente variable.
- Las decisiones de programación están restringidas por consideraciones legales como las leyes de salarios y horarios de trabajo, así como por los contratos sindicales que limitan las horas trabajadas por turno, semana o mes.
- Como los servicios suelen programar personas en vez de materiales, los aspectos de comportamiento, sociales, de vejez y estatus complican la programación.



◀ La buena programación en la industria de los servicios de salud puede ayudar a que el personal de enfermería se mantenga feliz y a contener los costos. Aquí, enfermeros que protestan por los niveles del personal de enfermería en los hospitales de Massachusetts. La falta de enfermeros calificados es un problema crónico.

Los siguientes ejemplos destacan la complejidad de la programación de servicios.

Hospitales Un hospital es un ejemplo de una instalación que presta servicios y puede utilizar un sistema de programación tan complejo como el que encontraríamos en un taller de producción intermitente. Los hospitales pocas veces aplican el sistema de prioridades de un taller de máquinas, como primero en entrar, primero en servir (PEPS) para atender a los pacientes de urgencias. Sin embargo, sí programan productos (como cirugías) igual que una fábrica y las capacidades se deben ajustar a grandes variaciones en la demanda.

Bancos La capacitación cruzada de los empleados de un banco permite a los ejecutivos de crédito y a otros administradores ayudar a los cajeros durante tiempos breves en que aumenta la demanda. Los bancos también emplean personal contratado por horas para ofrecer una capacidad variable.

Tiendas minoristas Algunas tiendas al menudeo como Wal-Mart, Payless Shoe, Target y Radio Shack emplean sistemas de optimización de la programación como Workbrain, Cybershift y Kronos. Estos sistemas dan seguimiento a ventas, transacciones, unidades vendidas y afluencia de clientes en las tiendas individuales en lapsos de 15 minutos para crear programas de trabajo. Antes, la programación de los 350,000 empleados de Target y del millón trescientos mil trabajadores de Wal-Mart implicaba miles de horas de trabajo para los administradores; ahora el personal se programa nacionalmente en unas cuantas horas, y la experiencia de salida del cliente ha mejorado de manera impresionante.

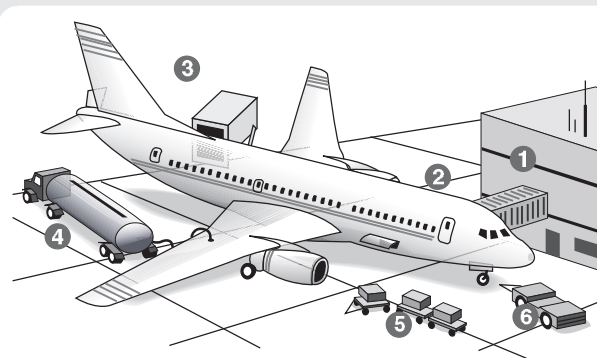
Líneas aéreas Las líneas aéreas encuentran dos restricciones al programar los vuelos de sus tripulaciones: (1) un conjunto complejo de restricciones en el tiempo de trabajo por parte de la asociación de líneas aéreas (FAA), y (2) contratos sindicales que garantizan a las tripulaciones el pago de cierta cantidad de horas por jornada o por vuelo. Los planificadores de las líneas aéreas deben crear horarios que cumplan o superen los sueldos garantizados de las tripulaciones. También deben usar con eficiencia su otro recurso caro: los aviones. Normalmente crean sus programas empleando modelos de progra-

A0 en acción

Programación de la rotación de aviones

Las líneas aéreas que enfrentan un futuro financiero cada vez más difícil acaban de descubrir la importancia que tiene programar con eficiencia las actividades de estancia en tierra de los vuelos. En el caso de algunos transportistas de destino a destino con bajo costo, como Southwest Airlines, programar estancias de 20 minutos ha sido una política estándar desde hace años. Sin embargo, en el caso de otras aerolíneas, como Continental, United y US Airways, el enfoque es nuevo. Esta figura ilustra cómo US Airways maneja programas más expeditos. Ahora sus aviones realizan un promedio de siete viajes al día, en lugar de seis, lo cual significa que la línea puede vender decenas de asientos más al día.

► *US Airways está disminuyendo el tiempo de rotación de sus vuelos comerciales de 45 a 20 minutos en el caso del Boeing 737. Se presenta una lista de procedimientos que deben realizarse antes de que el vuelo pueda salir:*



- 1 El agente de boletos lleva el plan de vuelo al piloto y éste carga la información en la computadora del avión. Alrededor de 130 pasajeros descienden del avión.
- 2 Los trabajadores limpian los botes de basura, las bolsas de los asientos, los baños, etcétera.
- 3 El personal de alimentos sube al avión y reabastece bebidas y hielo.
- 4 Una pipa carga hasta 5,300 galones de combustible en las alas del avión.
- 5 Las cuadrillas de equipaje descargan hasta 4,000 libras de equipaje y 2,000 libras de carga. Los "carritos" llevan el equipaje a la sección de entrega de maletas en la terminal.
- 6 Los agentes de rampa, que ayudan a estacionar el avión cuando llega, "arrastran" el avión para alejarlo de la puerta de llegada.

Fuentes: US Airways, Boeing, *Knight-Ridder Business Tribune News* (6 de octubre de 2004): 1; y *Aviation Week & Space Technology* (29 de enero de 2001): 50.

AO en acción

Programación para picos mediante intercambio de empleados

Cuando las llamadas a la línea de reservaciones del hotel Choice International se elevaron después de una campaña publicitaria reciente, el vicepresidente de Choice, Don Brockwell, se dio cuenta de que su centro de atención telefónica tenía déficit de personal. Por ello, decidió rápidamente agregar 20 agentes por turno pero no mediante contratación o el uso de un servicio temporal. En vez de esto, los trabajadores adicionales eran empleados de 1-800-Flowers.com. El inusual trato entre Choice y Flowers ayuda a ambos a reducir su dependencia de los subcontratistas. También refuerza el reclutamiento y la retención porque los trabajadores de los centros de atención telefónica tienen un trabajo más variado y están menos sujetos a los ciclos de negocio estacionales.

El trato funciona en parte porque la temporada alta de Choice es desde mediados de mayo hasta principios de octubre, mientras que el volumen de llamadas a Flower se incrementa entre octubre y mayo, con picos por la Navidad, el día de San Valentín y el día de las madres. De



manera típica, las compañías se prestan entre sí hasta 100 empleados, de semana en semana, en los tres centros de atención telefónica que comparten. Pero algunos trabajadores deben incluso cambiar de asignación a la mitad de un turno. A la mayoría de los empleados les gusta la variedad. “Cuando te sientas y vendes cuartos de hotel durante 8 horas diarias, vender flores es un descanso agradable”, dice Rick Hilliner, un ex profesor que ahora trabaja en el centro de Grand Junction en Colorado.

Fuentes: *The Wall Street Journal* (10 de abril de 2006): B3; y *Call Center Magazine* (marzo de 2005): 18-24.

mación lineal. El recuadro de *AO en acción* “Programación de la rotación de aviones” explica cómo los programas de muy corto plazo (20 minutos) pueden ayudar a que una línea aérea sea más eficiente.

Operaciones 24/7 Las líneas telefónicas de emergencia, los departamentos de policía y bomberos, las operaciones de teléfono y los negocios de ventas por correo (como L. L. Bean) programan a sus empleados para cubrir las 24 horas del día, los 7 días de la semana. En ocasiones, la administración contrata empleados de tiempo parcial para tener cierta flexibilidad en la asignación de personal. Esto ofrece beneficios (turnos de distinta duración o ajustes anticipados a las cargas de trabajo) y presenta dificultades (dada la gran cantidad de alternativas posibles en términos de días libres, horarios de comida, tiempos de descanso, horas de entrada). En su gran mayoría, las compañías usan sistemas computarizados de programación para manejar estas complejidades.⁸ El recuadro de *AO en acción* “Programación para picos mediante intercambio de empleados” proporciona otro ejemplo de flexibilidad en la programación.

Programación de empleados de servicios mediante programación cíclica

Existe toda una serie de técnicas y algoritmos útiles para programar a empleados del sector servicios tales como enfermeras, personal de restaurantes, cajeros de banco y empleados de tiendas. Los administradores, quienes tratan de establecer un programa oportuno y eficiente que mantenga feliz al personal, pueden pasar un tiempo sustancial cada mes desarrollando la programación de empleados. Muchas veces, estos programas consideran un periodo de planeación relativamente largo (digamos, 6 semanas). Un enfoque factible y a la vez sencillo es la *programación cíclica*.

Programación cíclica La programación cíclica con necesidades de personal inconsistentes a menudo se presenta en servicios tales como restaurantes y el trabajo policial. Aquí el objetivo se enfoca en desarrollar un programa con el número mínimo de trabajadores.⁹ En estos casos, cada empleado se asigna a un turno y tiene tiempo libre. Vea el ejemplo 8.

Objetivo de aprendizaje

8. Usar la técnica de programación cíclica

⁸Vea A. Kevin, “Scheduling to Balance Firm and Worker Needs”, *Canadian HR Reporter* 18, núm. 8 (24 de octubre de 2005): 8.

⁹Vea Vinh Quan, “Retail Labor Scheduling”, *OR/MS Today*, 31, núm. 6 (diciembre de 2004): 32-35; o G. Laporte, “The Art and Science of Designing Rotating Schedules”, *Journal of the Operational Research Society*, 50, núm. 10 (1999): 1011-1017.

EJEMPLO 8**Programación cíclica**

La administradora de un hospital, Doris Laughlin, quiere determinar el personal de guardia necesario para el departamento de oncología usando un estándar de 5 días de trabajo a la semana con dos días libres consecutivos, pero también quiere minimizar el personal. Sin embargo, como en la mayoría de los hospitales, enfrenta una demanda inconsistente. Los fines de semana tienen una utilización baja. Los médicos tienden a trabajar los primeros días de la semana y los pacientes tienen un pico los miércoles y después se reducen.

Método: Doris debe establecer primero los requerimientos de personal; después, aplicar el siguiente proceso de 5 pasos.

Solución:

- Determine los requerimientos diarios de personal. Doris tiene lo siguiente:

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Personal requerido	5	5	6	5	4	3	3

- Identifique los dos días consecutivos que tengan el *requerimiento total más bajo* y enciérrelos en un círculo. Asigne estos dos días libres al primer empleado. En este caso, el primer empleado tiene libres sábado y domingo porque 3 más 3 es la *suma más baja* de cualesquiera 2 días. En caso de empate, elija los días con el menor requerimiento adyacente. Si hay más de uno, tome una decisión arbitraria.
- Ahora tenemos un empleado trabajando en cada uno de los días sin circular; por lo tanto, haga un nuevo renglón para el siguiente empleado restando 1 del primer renglón (porque ya se ha trabajado un día) excepto para los días encerrados (que representan los días no trabajados) y cualquier día que tenga un cero. Es decir, no reste de un día encerrado o un día que tenga un valor de cero.
- En el nuevo renglón. Identifique los dos días consecutivos que tengan el menor requerimiento total y enciérrelos en un círculo. Asigne el siguiente empleado a los días restantes.
- Repita el proceso (pasos 3 y 4) hasta que se satisfagan todos los requerimientos de personal.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Empleado 1	5	5	6	5	4	3	3
Empleado 2	4	4	5	4	3	3	3
Empleado 3	3	3	4	3	2	3	3
Empleado 4	2	2	3	2	2	3	2
Empleado 5	1	1	2	2	2	2	1
Empleado 6	1	1	1	1	1	1	0
Empleado 7						1	
Capacidad (medida en número de empleados)	5	5	6	5	4	3	3
Capacidad en exceso	0	0	0	0	0	1	0

Doris necesita seis empleados de tiempo completo para satisfacer las necesidades de personal y un empleado para trabajar el sábado.

Observe que la capacidad (número de empleados) es igual a los requerimientos, dado que un empleado trabaja tiempo extra en sábado, o un empleado de tiempo parcial se contrata para el sábado.

Razonamiento: Doris ha implementado un sistema de programación eficiente que asigna 2 días libres consecutivos para cada empleado.

Ejercicio de aprendizaje: Si Doris satisface los requerimientos de personal para el sábado con un empleado de tiempo completo, ¿cómo programará a ese empleado? [Respuesta: Ese empleado puede tener cualesquiera dos días libres, excepto el sábado, y la capacidad excederá los requerimientos en 1 persona cada día que el empleado trabaje (excepto el sábado)].

Problemas relacionados: 15.19, 15.20

El Hospital General de Colorado utilizó el enfoque del ejemplo 8 y ahorró un promedio de 10 a 15 horas al mes, encontrando además estas ventajas adicionales: (1) no necesitaba una computadora; (2) las enfermeras estaban felices con el programa; (3) podían cambiarse los ciclos de manera temporal para ajustarse a la demanda de los esquiadores, y (4) se facilitaba el reclutamiento debido a la flexibilidad y la posibilidad de pronosticar. Este enfoque genera un resultado óptimo, aunque puede haber muchas soluciones óptimas.

Se han desarrollado otras técnicas de programación cíclica para ayudar a la programación en los servicios. Algunos métodos utilizan programación lineal: esta es la manera en que Hard Rock Café programa sus servicios (vea el caso en video al final de este capítulo). Existe un sesgo natural en la programación hacia el uso de herramientas entendibles y que generen soluciones aceptables.

Resumen

La programación involucra establecer los tiempos de las operaciones para lograr el movimiento eficiente de las unidades a través de un sistema. En este capítulo se analizaron aspectos de la programación a corto plazo en entornos con enfoques en el proceso, repetitivos y en los servicios. Vimos que las instalaciones centradas en los procesos son sistemas de producción donde los productos se hacen sobre pedido, y donde programar las tareas puede ser complejo. Se introdujeron varios aspectos y enfoques de la programación, carga y secuenciación de los trabajos; desde las gráficas de Gantt y los métodos de asignación

en la programación, hasta una serie de reglas de prioridades, la regla de la razón crítica y la regla de secuenciación de Johnson. También se examinó la teoría de las restricciones y el concepto de cuellos de botella.

Los sistemas de servicios en general difieren de los sistemas de manufactura. Esto nos lleva al uso de los sistemas de primero en entrar, primero en servir, y sistemas de reservaciones y citas, así como a enfoques heurísticos y de programación lineal para ajustar la capacidad a la demanda en los entornos de servicio.

Términos clave

Cargar (p. 606)

Control de insumos y productos (p. 606)

Cuello de botella (p. 620)

Fecha de entrega más próxima (FEP) (p. 612)

Gráficas de Gantt (p. 607)

Método de asignación (p. 609)

Primero en entrar, primero en servir (PEPS) (p. 612)

Programación de capacidad finita (FCS) (p. 618)

Programación hacia adelante (p. 603)

Programación hacia atrás (p. 604)

Razón crítica (RC) (p. 615)

Regla de Johnson (p. 616)

Reglas de prioridad (p. 612)

Secuenciación (p. 612)

Tarjetas ConWIP (p. 607)

Teoría de las restricciones (TOC) (p. 619)

Tiempo de procesamiento más corto (TPC) (p. 612)

Tiempo de procesamiento más largo (TPL) (p. 612)

Uso nivelado de materiales (p. 621)

Uso de software para la programación a corto plazo

En adición al software comercial que se mencionó en este capítulo, los problemas de programación a corto plazo pueden resolverse con el software Excel OM incluido en el CD del texto. POM para Windows también incluye un módulo de programación. A continuación se explica el uso de cada uno de estos programas.

XUso de Excel OM

Excel OM tiene dos módulos que ayudan a resolver los problemas de programación a corto plazo: Asignación y Programación del Taller Intermitente. Los programas 15.1 y 15.2 ilustran el módulo de asignación. En el programa 15.1 aparece primero la pantalla de entrada de datos con los datos del ejemplo 4. Después de introducir los datos, se elige el comando **Tools**, seguido del comando **Solver**. Solver de Excel usa programación lineal para optimizar los problemas de asignación. En el programa 15.1 también se muestran las restricciones. Después elegimos el comando **Solve** y entonces aparece la solución en el programa 15.2.

El programa 15.3 ilustra el módulo de programación del taller intermitente de Excel OM. Este programa usa los datos del ejemplo 5. Como los trabajos están enumerados en la secuencia en que llegaron (vea la columna A), los resultados son para la regla PEPS. El programa 15.3 también muestra algunas fórmulas (columnas F, G, H, I, J) que se usan en los cálculos.

Para resolver con la regla del TPC se necesitan cuatro pasos intermedios: (1) Seleccionar (es decir, resaltar) los datos de las columnas A, B y C para todos los trabajos; (2) utilizar el comando **Data**; (3) usar el comando **Sort**, y (4) clasificar **Time** (columna B) en orden *ascendente*. Al resolver por FEP, el paso 4 cambia para clasificar **Due Date** (columna D) en orden *ascendente*. Por último, para una solución con TPL, el paso 4 se convierte en clasificar por **Due Date** (columna D) en orden *descendente*.

En Excel 2007, Solver está en la sección de análisis de la tabla de datos. En versiones anteriores, Solver se encuentra en el menú de herramientas. Si no cuenta con Solver, consulte la ayuda de Excel.

B22 es donde colocamos nuestros costos totales en la pantalla de datos.

Estas son las celdas que pediremos llenar a Solver de Excel.

Estas son las restricciones para la representación de programación lineal del problema de asignación. Las restricciones de no negatividad se agregaron mediante el botón de Opciones.

Las asignaciones serán llenadas por Solver de Excel.

Copie los nombres de la tabla anterior.

Necesitamos crear totales para las filas y columnas a fin de crear las restricciones.

Use la función SUMAPRODUCT para calcular el costo total. Observe que esta función multiplica la tabla de datos por la tabla de asignación.

▲ Programa 15.1 Módulo de asignación de Excel OM usando los datos del ejemplo 4

Después de introducir los datos del problema del área amarilla (en su pantalla), vaya a Herramientas y elija Solver.

▼ Programa 15.2 Pantalla de salida de Excel OM para el problema de asignación descrito en el programa 15.1

Es importante verificar el enunciado hecho mediante Solver. En este caso, dice que Solver encontró una solución. En otros problemas, puede que no sea así. Para algunos problemas puede no haber solución factible, y para otros se pueden requerir más iteraciones.

Solver llenó las asignaciones con números 1.

En este ejemplo, todo el trabajo inicia el día 1 y todas las tareas están disponibles el día 1.

Los resultados son para un programa PEPS. Para crear otros resultados, ordene las celdas de la A9 a la D13 con base en un nuevo criterio.

Calcule la holgura como = D9 - C9.

Se usa una función SI para determinar si el trabajo está retrasado o no. = SI(I13-D13>=0, I13-D13,0).

Los tiempos de terminación y los tiempos de flujo son idénticos puesto que el trabajo comienza el día 1.

= F14/F13

= PROMEDIO(H9:H13)

▲ Programa 15.3 Módulo de programación del taller intermitente de Excel OM aplicado a los datos del ejemplo 5

P Uso de POM para Windows

POM para Windows puede manejar las dos categorías de problemas de programación analizadas en este capítulo. Su módulo de asignación se usa para resolver el problema tradicional de asignación uno a uno de personas a tareas, máquinas a trabajos, etc. Su módulo de programación del taller intermitente puede obtener una solución para una o dos máquinas. Las reglas de prioridad disponibles incluyen TPC, PEPS, FEP y TPL. Una vez que se han introducido todos los datos, es posible examinar cada regla. Consulte en el apéndice IV las especificaciones relativas a POM para Windows.

Problemas resueltos

Horas virtuales en la oficina

Problema resuelto 15.1

King Finance Corporation, con sede en Nueva York, quiere asignar a tres profesionistas que acaba de contratar, Julie Jones, Al Smith y Pat Wilson, a sus oficinas regionales. Sin embargo, la empresa también tiene una vacante en Nueva York y enviaría allí a uno de los tres si fuera más económico que trasladarlo a Omaha, Dallas o Miami. Reubicar a Jones en Nueva York cuesta \$1,000, a Smith \$800, y a Wilson \$1,500. ¿Cuál es la asignación óptima del personal a las oficinas?

OFICINA	OMAHA	MIAMI	DALLAS
CONTRATADO			
Jones	\$800	\$1,100	\$1,200
Smith	\$500	\$1,600	\$1,300
Wilson	\$500	\$1,000	\$2,300

Solución

- (a) La tabla de costos tiene una cuarta columna que representa a Nueva York. Para “balancear” el problema, agregamos el renglón “ficticio” (persona) con un costo de reubicación nulo a cada ciudad.
- (b) Reste el número menor de cada renglón y cubra todos los ceros (las restas en las columnas darán las mismas cifras, y por lo tanto no son necesarias):

OFICINA	OMAHA	MIAMI	DALLAS	NUEVA YORK
CONTRATADO				
Jones	\$800	\$1,100	\$1,200	\$1,000
Smith	\$500	\$1,600	\$1,300	\$ 800
Wilson	\$500	\$1,000	\$2,300	\$1,500
Ficticio	0	0	0	0

OFICINA	OMAHA	MIAMI	DALLAS	NUEVA YORK
CONTRATADO				
Jones	0	300	400	200
Smith	0	1,100	800	300
Wilson	0	500	1,800	1,000
Ficticio	0	0	0	0

(c) Se cubren sólo con 2 líneas, entonces reste el número menor que no esté cubierto (200) de todos los números sin tachar, y súmelo a cada cuadro donde se intersequen dos líneas. Después cubra todos los ceros:

OFICINA CONTRATADO	OMAHA	MIAMI	DALLAS	NUEVA YORK
Jones	0	100	200	0
Smith	0	900	600	100
Wilson	0	300	1,600	800
Ficticio	200	0	0	0

(d) Se cubren con sólo 3 líneas, entonces reste el número menor que no esté cubierto (100) de todos los números sin tachar, y súmelo a cada cuadro donde se crucen dos líneas. Después cubra todos los ceros:

OFICINA CONTRATADO	OMAHA	MIAMI	DALLAS	NUEVA YORK
Jones	0	0	100	0
Smith	0	800	500	100
Wilson	0	200	1,500	800
Ficticio	300	0	0	100

(e) Se siguen cubriendo con sólo 3 líneas, entonces reste el número menor que no esté cubierto (100) de todos los números sin tachar, y súmelo a cada cuadro dónde se crucen dos líneas. Después cubra todos los ceros:

OFICINA CONTRATADO	OMAHA	MIAMI	DALLAS	NUEVA YORK
Jones	100	0	100	0
Smith	0	700	400	0
Wilson	0	100	1,400	700
Ficticio	400	0	0	100

(f) Como se necesitan cuatro líneas para cubrir todos los ceros, podemos hacer una asignación óptima a partir de los cuadros con ceros. Asignamos:

- Wilson a Omaha
- Jones a Miami
- Ficticio (nadie) a Dallas
- Smith a Nueva York

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \$500 + \$1,100 + \$0 + \$800 \\ &= \$2,400 \end{aligned}$$

Problema resuelto 15.2

Un contratista de la defensa basado en Dallas tiene seis trabajos que debe procesar. En la tabla siguiente se da el tiempo de procesamiento y las fechas de entrega. Suponga que los trabajos llegan en el orden que se muestra. Establezca la secuencia del procesamiento de acuerdo con PEPS y evalúe el resultado.

TRABAJO	TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL TRABAJO (DÍAS)	FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO (DÍAS)
A	6	22
B	12	14
C	14	30
D	2	18
E	10	25
F	4	34

Solución

PEPS tiene la secuencia A-B-C-D-E-F.

SECUENCIA DEL TRABAJO	TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL TRABAJO	TIEMPO DE FLUJO	FECHA DE ENTREGA	RETRASO DEL TRABAJO
A	6	6	22	0
B	12	18	14	4
C	14	32	30	2
D	2	34	18	16
E	10	44	25	19
F	4	48	34	14
	48	182		55

1. Tiempo de terminación promedio = $182/6 = 30.33$ días.
2. Número promedio de trabajos en el sistema = $182/48 = 3.79$ trabajos.
3. Retraso promedio del trabajo = $55/6 = 9.16$ días.
4. Utilización = $48/182 = 26.4\%$.

Problema resuelto 15.3

La empresa de Dallas del problema resuelto 15.2 también quiere considerar la secuenciación de trabajos de acuerdo con la regla de prioridad TPC. Aplique TPC a los mismos datos y haga una recomendación.

solución

El TPC tiene la secuencia D-F-A-E-B-C.

SECUENCIA DEL TRABAJO	TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL TRABAJO	TIEMPO DE FLUJO	FECHA DE ENTREGA	RETRASO DEL TRABAJO
D	2	2	18	0
F	4	6	34	0
A	6	12	22	0
E	10	22	25	0
B	12	34	14	20
C	14	48	30	18
	48	124		38

1. Tiempo de terminación promedio = $124/6 = 20.67$ días.
2. Número promedio de trabajos en el sistema = $124/48 = 2.58$ trabajos.
3. Retraso promedio del trabajo = $38/6 = 6.33$ días.
4. Utilización = $48/124 = 38.7\%$.

En este caso, el TPC es superior a PEPS en las cuatro medidas. Si también analizamos FEP, encontraremos que el retraso del trabajo promedio es el menor en 5.5 días. El TPC es una buena recomendación, pero su desventaja principal es que mantiene en espera los trabajos largos, a veces durante mucho tiempo.

Problema resuelto 15.4

Use la regla de Johnson para encontrar la secuencia óptima de procesamiento de los trabajos mostrados en la tabla siguiente para dos centros de trabajo. Los tiempos para cada centro se dan en horas.

TRABAJO	CENTRO DE TRABAJO 1	CENTRO DE TRABAJO 2
A	6	12
B	3	7
C	18	9
D	15	14
E	16	8
F	10	15

solución

B	A	F	D	C	E
---	---	---	---	---	---

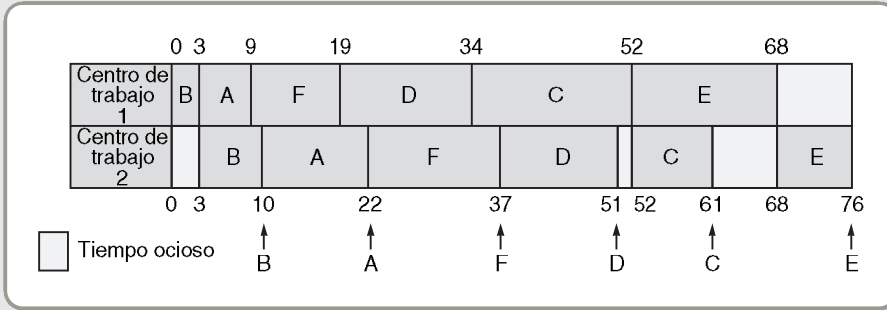
Los tiempos secuenciales son:

Centro de trabajo 1	3	6	10	15	18	16
Centro de trabajo 2	7	12	15	14	9	8

Problema resuelto 15.5

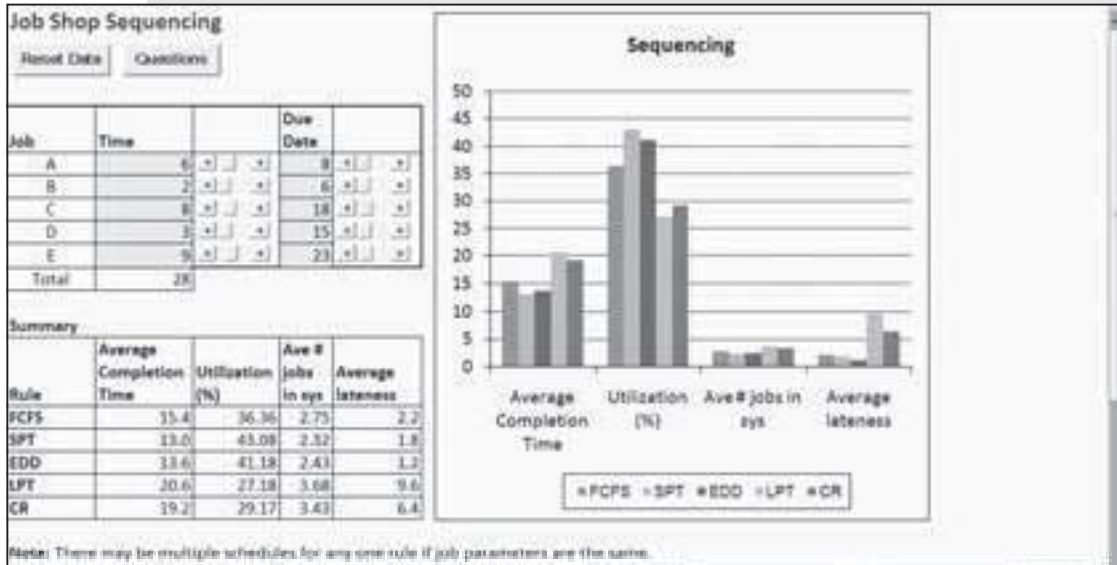
Ilustre el tiempo de producción y el tiempo ocioso registrados en los dos centros de trabajo del problema resuelto 15.4 mediante una gráfica escalonada.

Solución



Ejercicio de modelo activo

Este ejercicio, que se encuentra en su CD-ROM, le permitirá evaluar los cambios ocurridos en los datos de entrada en el modelo de secuenciación del taller intermitente.



▲ Modelo activo 15.1 Análisis de la secuenciación de trabajos usando los datos del ejemplo 5 del bufete de arquitectos

Preguntas

1. Para este ejemplo, ¿qué programa (regla) minimiza el tiempo de terminación promedio, maximiza la utilización, y minimiza el número promedio de trabajos en el sistema?
2. Use la barra de desplazamiento para cambiar el tiempo de procesamiento del trabajo C y modificar la fecha de entrega para el trabajo C. ¿La misma regla minimiza siempre el tiempo de terminación promedio?
3. ¿Qué programa (regla) minimiza el retraso promedio para este ejemplo?
4. Use la barra de desplazamiento para cambiar la fecha de entrega del trabajo C. ¿La misma regla minimiza siempre el retraso promedio?

Autoevaluación

- **Antes de realizar la autoevaluación, revise los objetivos de aprendizaje enlistados al inicio del capítulo y los términos clave relacionados al final del capítulo.**
 - **Revise sus respuestas en el apéndice V.**
 - **Vuelva a estudiar las páginas que correspondan a cada pregunta que respondió incorrectamente o al material sobre el cual se sienta inseguro.**
1. Una ayuda visual que se usa para cargar y programar trabajos es:
 - a) una gráfica de Gantt
 - b) un archivo de planeación
 - c) un cuello de botella
 - d) un tambor, un amortiguador, una cuerda
 - e) un diagrama nivelado de material
 2. La carga de trabajo:
 - a) significa la asignación de fechas a tareas específicas o pasos de una operación
 - b) se maneja normalmente usando un diagrama de ensamble
 - c) significa la asignación de tareas a centros de trabajo o procesamiento
 - d) se orienta hacia la administración de inventarios de trabajo en proceso
 - e) resuelve el problema del cuello de botella
 3. Las reglas de prioridad más populares incluyen:
 - a) PEPS
 - b) FEP
 - c) TPC
 - d) todas las anteriores
 4. ¿Cuál de las siguientes reglas de despacho tiende a maximizar el número de trabajos completados a tiempo?
 - a) PEPS: Primero en entrar, primero en servir
 - b) FEP: Fecha de entrega más próxima
 - c) TPC: Tiempo de procesamiento más corto
 - d) TPL: Tiempo de procesamiento más largo
 - e) RC: Razón crítica
 5. ¿Cuál de las siguientes reglas de despacho tiende a minimizar el número promedio de trabajos en el sistema?
 - a) PEPS: Primero en entrar, primero en servir
 - b) FEP: Fecha de entrega más próxima
 - c) TPC: Tiempo de procesamiento más corto
 - d) TPL: Tiempo de procesamiento más largo
 - e) RC: Razón crítica
 6. De las siguientes reglas de despacho, ¿cuál se considera dinámica?
 - a) PEPS: Primero en entrar, primero en servir
 - b) RC: Razón crítica
 - c) TPC: Tiempo de procesamiento más corto
 - d) FEP: Fecha de entrega más próxima
 - e) TPL: Tiempo de procesamiento más largo
 7. La desventaja principal de la regla de despacho del tiempo de procesamiento más corto es que _____.
 - a) la naturaleza del individuo en la carga o la programación
 - b) el número de empleados de tiempo parcial
 - c) las operaciones de cuello de botella
 - d) los trabajos con las operaciones más redituables
 - e) todas las respuestas anteriores son correctas
 8. La teoría de las restricciones presta atención especial a:
 - a) la naturaleza del individuo en la carga o la programación
 - b) el número de empleados de tiempo parcial
 - c) las operaciones de cuello de botella
 - d) los trabajos con las operaciones más redituables
 - e) todas las respuestas anteriores son correctas

Ejercicios para el estudiante

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



En nuestro sitio web

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



En el CD-ROM del estudiante

- Problemas de práctica
- Ejercicio de modelo activo
- Excel OM
- Archivo de datos de ejemplo en Excel OM
- Software de programación Lekin
- POM para Windows



En el CD-ROM del estudiante

- Video clip
- Caso en video

Preguntas para análisis

1. ¿Cuál es el objetivo general de la programación?
2. Enumere los cuatro criterios empleados para determinar la efectividad de una decisión de *programación*. ¿Qué relación tienen estos criterios con los cuatro criterios aplicados en las decisiones de *secuenciación*?
3. Describa el significado de “cargar” los centros de trabajo. ¿Cuáles serían dos maneras de cargar los centros de trabajo? ¿Cuáles son dos técnicas usadas para cargarlos?
4. Mencione cinco reglas de secuenciación con prioridades. Explique cómo funciona cada una para asignar los trabajos.
5. ¿Qué ventajas y desventajas tiene la regla del tiempo de procesamiento más corto (TPC)?
6. ¿Qué es una fecha de entrega?
7. Explique los términos *tiempo de flujo* y *retraso*.
8. ¿Qué regla de programación para el taller intermitente aplicaría usted si fuera el jefe del único equipo de expertos encargado de desactivar varias bombas de tiempo colocadas por todo su edificio? Usted puede ver las bombas, son de distintos tipos; también sabe cuánto tiempo tardará cada una en estallar. Analice su respuesta.

9. ¿Cuándo es más conveniente aplicar la regla de Johnson en la programación de talleres de trabajo?
10. Enuncie las cuatro medidas de efectividad para las reglas de despacho.
11. ¿Cuáles son los pasos del método de asignación de programación lineal?
12. Enuncie el proceso de cinco pasos que establece las bases para la teoría de las restricciones.
13. ¿Cuáles son las ventajas del flujo nivelado de materiales?
14. ¿Cuáles son las técnicas disponibles para los administradores de operaciones a fin de enfrentar una operación de cuello de botella? ¿Cuál de tales técnicas no aumenta la producción?
15. ¿Qué es el control de insumos y productos?

Dilema ético

Programar a las personas para trabajar en el segundo y tercer turnos (noche y “madrugada”) es un problema en la mayoría de las compañías que operan las 24 horas. El recuadro de *AO en acción* “La programación de trabajadores que se duermen en el trabajo es muy difícil”, presentado en la página 604, describe los aspectos potencialmente peligrosos del turno nocturno en FedEx y en una planta de energía nuclear. Quizá de manera más significativa, los datos ergonómicos indican que el cuerpo no responde bien ante cambios importantes en su ritmo circadiano natural de sueño. También hay aspectos de salud significativos a largo plazo relacionados con cambios frecuentes en el trabajo y en los ciclos de sueño.

Considere que usted es el administrador de una fundidora de acero sin sindicato que debe operar 24 horas al día, y donde las

demandas físicas son tales que se prefieren 8 horas diarias de trabajo a 10 o 12 horas. Los representantes de sus empleados han decidido que quieren trabajar rotando semanalmente los turnos. Es decir, quieren un ciclo repetitivo de 1 semana de 7 A.M. a 3 P.M. seguida por una segunda semana de 3 P.M. a 11 P.M., y la tercera semana de 11 P.M. a 7 A.M. Usted está seguro de que esto no es una buena idea en términos de la productividad y la salud a largo plazo de los empleados. Si no acepta su decisión, usted afectaría el programa de delegación de autoridad en los trabajadores, generaría una disminución en el ánimo, y produciría unos cuantos votos más a favor de la creación de un sindicato. ¿Cuál es la posición más ética y qué haría usted?

Problemas*

- **15.1** La compañía de excavaciones de Ron Satterfield usa gráficas de Gantt tanto de programación como de carga.
 - a) Hoy, al término del día 7, Ron está revisando la gráfica de Gantt que describe esos programas.
 - El trabajo #151 estaba programado para iniciar el día 3 y tomaría 6 días. Hoy, según el programa, va 1 día adelantado.
 - El trabajo #177 estaba programado para iniciar el día 1 y tomaría 4 días. Actualmente está a tiempo.
 - El trabajo #179 estaba programado para iniciar el día 7 y tomaría 2 días. De hecho, inició el día 6 y está avanzando conforme al plan.
 - El trabajo #211 estaba programado para iniciar el día 5, pero por falta de equipo se demoró hasta el día 6. Está avanzando conforme se esperaba y tomará 3 días.
 - El trabajo #215 estaba programado para iniciar el día 4 y tomaría 5 días. Empezó a tiempo, pero está atrasado en 2 días.

Dibuje una gráfica de Gantt de programación para las actividades anteriores.

- b) Ron quiere usar una gráfica de Gantt de carga para ver cuánto trabajo se programa en cada uno de sus tres equipos de trabajo: Able, Baker y Charlie. Cinco trabajos constituyen la carga actual para estos tres equipos: Trabajos #250, que requiere 48 horas, y #275, que necesita 32 horas, para el equipo Able; trabajos #210 y #280 que necesitan 16 y 24 horas, respectivamente, para el equipo Baker; y el trabajo #225, que requiere 40 horas, para el equipo Charlie.

Prepare la gráfica de carga de Gantt para estas actividades.

- **15.2** First Printing and Copy Center tiene 4 trabajos más que debe programar, además de los que aparecen en el ejemplo 3 de este capítulo. El personal que programa la producción está revisando la gráfica de Gantt al término del día 4.
 - El trabajo D estaba programado para empezar temprano el día 2 y terminar a la mitad del día 9. En este momento (el punto de revisión después del día 4), va adelantado en 2 días al programa.
 - El trabajo E debía empezar el día 1 y terminar el día 3. Estuvo a tiempo.

- El trabajo F debía empezar el día 3, pero el departamento de mantenimiento impuso una demora de 1^{1/2} días. El trabajo ahora tardará 5 días completos. En este momento está a tiempo con el programa.
- El trabajo G va atrasado en 1 día. Empezó al inicio del día 2 y necesitará 6 días para ser completado.

Desarrolle una gráfica de Gantt con el programa de First Printing and Copy Center.

- **15.3** La Orange Top Cab Company tiene un taxi en espera en cada una de sus cuatro bases localizadas en Evanston, Illinois. Cuatro clientes llaman solicitando un servicio. La tabla siguiente presenta las distancias, en millas, de los taxis en espera hasta el lugar donde se encuentran los clientes. Encuentre la asignación óptima de los taxis a los clientes que minimice la distancia total que se debe conducir hasta los pasajeros.

Base de taxis	Cliente			
	A	B	C	D
Sitio 1	7	3	4	8
Sitio 2	5	4	6	5
Sitio 3	6	7	9	6
Sitio 4	8	6	7	4 PX

- **15.4** La compañía de análisis médicos de Molly Riggs quiere asignar un conjunto de trabajos a una serie de máquinas. La tabla siguiente contiene los datos de producción de cada máquina al desempeñar el trabajo específico:

Trabajo	Máquina			
	A	B	C	D
1	7	9	8	10
2	10	9	7	6
3	11	5	9	6
4	9	11	5	8

- a) Determine la asignación de los trabajos a las máquinas que *maximice* la producción total.
- b) ¿Cuál es la producción total de sus asignaciones? **PX**

*Nota: **PX** significa que el problema se puede resolver con POM para Windows y/o Excel OM.

• **15.5** Johnny Ho Manufacturing Company, basada en Columbus, Ohio, piensa sacar al mercado cuatro componentes electrónicos nuevos. Cada una de las cuatro plantas de Ho tiene capacidad para añadir un producto más a su línea actual de partes electrónicas. La tabla siguiente muestra los costos de producción por unidad en los que se incurre para fabricar las diferentes partes en las cuatro plantas. ¿Cómo debería Ho asignar los productos nuevos a las plantas para minimizar los costos de fabricación?

Componente electrónico	Planta			
	1	2	3	4
C53	\$0.10	\$0.12	\$0.13	\$0.11
C81	0.05	0.06	0.04	0.08
D5	0.32	0.40	0.31	0.30
D44	0.17	0.14	0.19	0.15

• **15.6** Consultores Claire ha recibido el encargo de evaluar un plan de negocios que se ha dividido en cuatro secciones marketing, finanzas, operaciones y recursos humanos. Chris, Steve, Juana y Rebecca forman el equipo de evaluación. Cada uno de ellos es experto en cierto campo y tiende a terminar esa sección más rápido. En la tabla siguiente se muestran los tiempos estimados que le lleva a cada miembro del equipo completar cada sección. Información adicional establece que cada una de estas personas recibe un pago de \$60 por hora.

- a) Asigne cada miembro a una sección diferente de tal manera que se minimice el costo global de Consultores Claire.
- b) ¿Cuál es el costo total de estas asignaciones?

Tiempo que le lleva a cada miembro del equipo completar las diferentes secciones (en minutos)

	Marketing	Finanzas	Operaciones	RH
Chris	80	120	125	140
Steve	20	115	145	160
Juana	40	100	85	45
Rebeca	65	35	25	75

•• **15.7** El Departamento de Policía de Akron tiene cinco brigadas de detectives disponibles para asignarlas a cinco casos abiertos por diversos delitos. El jefe de detectives, Paul Kuzdrall, quiere asignar las brigadas de modo que el tiempo total para cerrar los casos sea mínimo. Según el desempeño histórico, el número de



días promedio que necesita cada brigada para resolver un caso es como sigue:

Brigada	Caso				
	A	B	C	D	E
1	14	7	3	7	27
2	20	7	12	6	30
3	10	3	4	5	21
4	8	12	7	12	21
5	13	25	24	26	8

Cada brigada está compuesta por distintos tipos de especialistas, y mientras que una brigada puede ser muy efectiva para cierto tipo de casos, podría resultar casi inútil para otros.

- a) Resuelva el problema usando el método de asignación.
- b) Asigne las brigadas a los casos anteriores, pero con la restricción de que la brigada 5 no puede trabajar en el caso E por causa de un conflicto.

• **15.8** El club deportivo Tigers debe seleccionar 4 diferentes equipos de dobles mixtos para participar en un torneo de tenis entre clubes. Se preseleccionó un grupo de 4 hombres Raul, Jack, Gray y Ajay y 4 mujeres Barbara, Dona, Stella y Jackie. Ahora, la tarea siguiente consiste en formar pares con estos hombres y mujeres de la mejor manera. La tabla siguiente muestra una matriz diseñada para este propósito, indicando qué tan bien complementa cada hombre el juego de cada mujer. Una calificación más alta indica un grado más alto de compatibilidad en los juegos de los dos tenistas involucrados. Encuentre las mejores parejas.

Matriz de compatibilidad de juego

	Barbara	Dona	Stella	Jackie
Raúl	30	20	10	40
Jack	70	10	60	70
Gray	40	20	50	40
Ajay	60	70	30	90

••• **15.9** James Gross, director del departamento de negocios de College of Oshkosh, tiene que asignar profesores a los cursos del próximo semestre. El criterio que el profesor Gross emplea para juzgar quién debe impartir cada curso consiste en revisar las evaluaciones de enseñanza (hechas por los alumnos) de los 2 últimos años. Como cada uno de los cuatro profesores ha impartido los cuatro cursos en un momento u otro de este periodo de dos años, Gross puede anotar una calificación en el curso para cada profesor. La tabla siguiente contiene esas calificaciones.

- a) Encuentre la asignación de profesores a los cursos que maximice la calificación de enseñanza global.
- b) Asigne los profesores a los cursos con la excepción de que el profesor Fisher no puede impartir Estadística.

Profesor	Curso			
	Estadística	Administración	Finanzas	Economía
W. W. Fisher	90	65	95	40
D. Golhar	70	60	80	75
Z. Hug	85	40	80	60
N. K. Rustagi	55	80	65	55

•• **15.10** Los siguientes trabajos esperan a ser procesados en el mismo centro de máquinas. Los trabajos se registran en el orden de llegada:

Trabajo	Fecha de entrega	Duración (días)
A	313	8
B	312	16
C	325	40
D	314	5
E	314	3

¿En qué secuencia clasificaría usted los trabajos de acuerdo con las reglas de decisión: (a) PEPS, (b) FEP, (c) TPC y (d) TPL? Todas las fechas están especificadas como días calendario para la planeación de la manufactura. Suponga que todos los trabajos llegan el día 275. ¿Cuál es la mejor decisión y por qué? **Px**

• **15.11** Los siguientes 5 trabajos de repaso esperan a ser procesados en Avianic's Engine Repair, Inc. Estos trabajos se registraron según su orden de llegada. Todas las fechas se especifican como días calendario para la planeación. Suponga que todos los trabajos llegaron el día 180; hoy es el día 200.

Trabajo	Fecha de entrega	Duración (días)
103	214	10
205	223	7
309	217	11
412	219	5
517	217	15

Use la regla de programación de la razón crítica y determine cuál debe ser la secuencia óptima para procesar los trabajos. **Px**

•• **15.12** Una compañía maderera de Alabama tiene un pedido de cuatro trabajos, como se muestra en la tabla siguiente. Hoy es el día 205 del programa de la maderera. ¿En qué secuencia deberían clasificarse los trabajos de acuerdo con las siguientes reglas de decisión?:

- a) PEPS
- b) TPC
- c) TPL
- d) FEP
- e) Razón crítica

¿Cuál es mejor y por qué? ¿Cuál tiene el mínimo atraso?

Trabajo	Fecha de entrega	Tiempo restante (días)
A	212	6
B	209	3
C	208	3
D	210	8

•• **15.13** Los siguientes trabajos esperan ser procesados en el centro de maquinado de Rick Carlson. El centro de Carlson tiene una cantidad relativamente grande de órdenes pendientes y revisa su programación cada 2 semanas, sin afectar la programación anterior. A continuación aparecen los trabajos recibidos en las 2 semanas anteriores. Están listos para programarse hoy, que es el día 241 (un día hábil). Los nombres de los trabajos se refieren a los nombres de los clientes y al número de contrato.

Trabajo	Fecha de recepción del trabajo	Días de producción necesarios	Fecha de entrega del trabajo
BR-02	228	15	300
CX-01	225	25	270
DE-06	230	35	320
RG-05	235	40	360
SY-11	231	30	310

- a) Complete la tabla siguiente. (Incluya los cálculos realizados).
- b) ¿Cuál regla de despacho tiene la mejor calificación para el tiempo de flujo?
- c) ¿Cuál regla de despacho tiene la mejor calificación para la utilización?
- d) ¿Cuál regla de despacho tiene la mejor calificación para el retraso?
- e) ¿Cuál regla de despacho escogería usted? Sustente su decisión.

Regla de despacho	Secuencia de trabajo	Tiempo de flujo Utilización	Número promedio de trabajos	Retraso promedio
FEP				
TPC				
TPL				
PEPS				

Px

•• **15.14** Los trabajos siguientes esperan a ser procesados en el centro de maquinado de Julie Morel:

Trabajo	Fecha de recepción del trabajo	Días de producción necesarios	Fecha de entrega del trabajo
A	110	20	180
B	120	30	200
C	122	10	175
D	125	16	230
E	130	18	210

Px

¿En qué secuencia estarían clasificados los pedidos según las siguientes reglas: (a) PEPS, (b) FEP, (c) TPC, (d) TPL? Todas las fechas concuerdan con los días calendario del taller. Hoy, en el calendario de planeación, es el día 130 y ninguno de los trabajos ha iniciado ni se ha programado. ¿Cuál es la mejor regla? **Px**

•• **15.15** Se le ha pedido a Sunny Park Tailors hacer tres diferentes trajes de boda para clientes distintos. En la tabla siguiente se resalta el tiempo en horas que lleva (1) cortar y coser y (2) entregar cada uno de los trajes. ¿Con cuál programa se terminará primero: Primero en llegar, primero en servir (1, 2, 3) o un programa que use la regla de Johnson?

Tiempo que se lleva cada actividad (horas)

Traje	Cortar y coser	Entrega
1	4	2
2	7	7
3	6	5

Px



•• 15.16 Los siguientes trabajos esperan a ser procesados en el centro de maquinado de Jeremy LaMontagne. Hoy es el día 250.

Trabajo	Fecha de recepción del trabajo	Días de producción necesarios	Fecha de entrega del trabajo
1	215	30	260
2	220	20	290
3	225	40	300
4	240	50	320
5	250	20	340

Usando la regla de programación de la razón crítica, ¿en qué secuencia deben procesarse los trabajos? **Px**

••• 15.17 Los siguientes siete trabajos deben procesarse en dos centros de trabajo en la imprenta de George Heinrich. Según la secuencia, primero se imprime y después se encuaderna. En la tabla siguiente se muestra el tiempo de procesamiento en cada centro de trabajo.

Trabajo	Impresión (horas)	Encuadernación (horas)
T	15	3
U	7	9
V	4	10
W	7	6
X	10	9
Y	4	5
Z	7	8

- a) ¿Cuál es la secuencia óptima para programar estos trabajos?
- b) Grafique estos trabajos en los dos centros de trabajo.
- c) ¿Cuál es el tiempo total de esta solución óptima?
- d) ¿Cuál es el tiempo ocioso en el taller de encuadernación, dada la solución óptima? **Px**

••• 15.18 Seis trabajos se procesarán en una operación de dos pasos. La primera operación implica lijar y la segunda pintar. Los tiempos de procesamiento son los siguientes:

Trabajo	Operación 1 (horas)	Operación 2 (horas)
A	10	5
B	7	4
C	5	7
D	3	8
E	2	6
F	4	3

Determine la secuencia que minimiza el tiempo total necesario para terminar estos trabajos. Ilústrela gráficamente. **Px**

•• 15.19 La barbería de Jesse en el aeropuerto O'Hara está abierta 7 días a la semana pero tiene demanda fluctuante. Jesse está interesado en tratar a sus estilistas lo mejor posible con un trabajo estable y 5 días de labores con dos días libres consecutivos. Su análisis de las necesidades del personal dio como resultado el siguiente plan. Programe al personal de Jesse con el mínimo número de estilistas.

	Día						
	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.
Estilistas necesarios	6	5	5	5	6	4	3

•• 15.20 Dada la siguiente demanda de meseros en Pentico's Bar and Grill, determine la cantidad mínima necesaria de meseros con una política de 2 días libres consecutivos.

	Día						
	Lun.	Mar.	Mié.	Jue.	Vie.	Sáb.	Dom.
Meseros necesarios	3	4	4	5	6	7	4

•• 15.21 Lifang Wu posee un taller de máquinas automatizado que fabrica autopartes de precisión. Wu acaba de recopilar un informe de insumos y productos para el centro de trabajo de esmerilado. Complete el informe y analice los resultados.

Informe de insumos y productos

Periodo	1	2	3	4	Total
Insumos planeados	80	80	100	100	
Insumos reales	85	85	85	85	
Desviación					
Producción planeada	90	90	90	90	
Producción real	85	85	80	80	
Desviación					
Retraso inicial: 30					

Estudio de caso

Old Oregon Wood Store

En 2007, George Brown fundó la Old Oregon Wood Store para fabricar mesas Old Oregon. Cada mesa se construye cuidadosamente a mano usando el roble de la mejor calidad. Las mesas Old Oregon pueden soportar más de 500 libras, y desde el inicio de la Old Oregon Wood Store no se ha regresado ninguna mesa por problemas de fabricación o problemas estructurales. Además de ser rústica, a

cada mesa se le da un bello acabado usando un barniz de uretano que George desarrolló tras 20 años de trabajo con materiales de acabado para madera.

El proceso de manufactura consiste en cuatro pasos: preparación, ensamble, acabado y empaque. Cada paso es realizado por una persona. Además de supervisar la operación completa,

► **Figura 15.6**

Tiempo de manufactura en minutos

Preparación	100	Ensamble	160	Acabado	250	Empaque	275
(Tom)							
Preparación	80	Ensamble	160	Acabado	220	Empaque	230
(George)							
Preparación	110	Ensamble	200	Acabado	280	Empaque	290
(Leon)							
Preparación	120	Ensamble	190	Acabado	290	Empaque	315
(Cathy)							

George realiza todo el acabado. Tom Surowski hace la preparación, la cual implica cortar y formar los componentes básicos de las mesas. Leon Davis está a cargo del ensamble, y Cathy Stark realiza el empaclado.

Aunque cada persona es responsable sólo de un paso en el proceso de manufactura, todos pueden realizar cualquiera de los pasos. La política de George es que ocasionalmente todos completen varias mesas por sí mismos sin ninguna ayuda o asistencia. Se practica una pequeña competencia para ver quién puede completar una mesa entera en la menor cantidad de tiempo. George registra el promedio de los tiempos totales e intermedios de terminación. Los datos se muestran en la figura 15.6.

Cathy tarda más en construir una mesa Old Oregon que el resto de los empleados. Además de ser más lenta que los otros trabajadores, también está descontenta con su responsabilidad actual de empacar, con la que tiene libre la mayor parte del día. Su primer preferencia es el acabado y su segunda preferencia es la preparación.

Además de la calidad, a George le preocupan los costos y la eficiencia. Cuando uno de los empleados falta un día, ocasiona problemas importantes de programación. En algunos casos, George asigna tiempo extra de otro empleado para completar el trabajo necesario; otras veces simplemente espera hasta que el empleado regresa a trabajar para cumplir con su paso en el proceso de manufactura. Ambas soluciones causan problemas. El tiempo extra es caro y la espera ocasiona retrasos y a veces detiene todo el proceso de fabricación.

Para superar algunos de estos problemas, se contrató a Randy Lane. Los deberes principales de Randy son realizar tareas variadas y ayudar si alguno de los empleados se ausenta. George ha capacitado a Randy en todas las fases del proceso de manufactura y está complacido con la velocidad a la que Randy ha podido aprender a terminar el ensamble de mesas Old Oregon. Los tiempos de terminación intermedia y total para Randy se dan en la tabla 15.7.

Preguntas para análisis

1. ¿Cuál es la forma más rápida de fabricar mesas Old Oregon usando el personal original? ¿Cuántas mesas pueden hacerse al día?
2. ¿Cambiarían significativamente las tasas y cantidades de producción si George permitiera a Randy realizar una de las cuatro funciones y convirtiera a alguien del personal original en el empleado de respaldo?
3. ¿Cuál es el tiempo más rápido para la fabricación de una mesa con el personal original si Cathy se traslada a preparación o acabado?
4. Quienquiera que realice la función de empaclado está muy subutilizado. ¿Puede encontrar usted una mejor forma de utilizar el personal de cuatro o cinco integrantes que darles a cada uno una sola tarea o permitir que cada uno fabrique una mesa completa? ¿Cuántas mesas podrían fabricarse diariamente con este esquema?

► **Figura 15.7**

Tiempos de terminación de Randy en minutos

Preparación	110	Ensamble	190	Acabado	290	Empaque	300
-------------	-----	----------	-----	---------	-----	---------	-----

Programación en Hard Rock Café

Caso en video

No importa si se trata de programar a las enfermeras de la Clínica Mayo, a los pilotos de Southwest Airlines, las aulas de la UCLA o el personal de Hard Rock Café, resulta claro que una buena programación es importante. Los programas adecuados usan los activos de una organización (1) con mayor efectividad, porque permiten brindar un servicio más rápido a los clientes, y (2) con mayor eficiencia, porque bajan los costos.

El Hard Rock Café de Universal Studios, en Orlando, es el restaurante más grande del mundo, tiene 1,100 asientos en dos niveles principales. La rotación típica de empleados en la industria de los restaurantes va del 80% al 100% anual, por lo cual Ken Hoffman,

gerente general de Hard Rock Café, toma muy en serio la programación. Hoffman quiere que sus 160 empleados de servicio al cliente sean efectivos, pero también desea darles un trato justo. Lo ha conseguido con un software de programación y una flexibilidad que han aumentado la productividad, al mismo tiempo que contribuyen a una rotación de personal que es la mitad del promedio registrado en la industria. Su meta es encontrar el delicado equilibrio que le permita asignar a sus empleados turnos de trabajo diarios financieramente productivos y, al mismo tiempo, establecer un programa lo bastante estricto como para no tener demasiado personal entre la comida y la cena.

El programa semanal empieza con un pronóstico de ventas. “Primero, examinamos las ventas que registró el café el año pasado en ese mismo día de la semana”, dice Hoffman. “Después ajustamos el pronóstico para el año con base en una serie de factores vigilados estrechamente. Por ejemplo, llamamos a la Oficina de Convenciones de Orlando todas las semanas para saber qué grupos importantes estarán en la ciudad. Enviamos a dos investigadores a verificar la ocupación de los hoteles cercanos. Vigilamos de cerca qué conciertos están programados en Hard Rock Live el auditorio contiguo para conciertos que cuenta con 3,000 localidades. Con base en el pronóstico, calculamos cuántas personas deberán estar trabajando cada día en la cocina, el bar, como edecanes y sirviendo las mesas”.

Una vez que Hard Rock determina la cantidad de empleados que necesita, éstos presentan sus formas de solicitud, las cuales se introducen al software del modelo matemático de programación lineal. Se asignan prioridades desde 1 hasta 9 a los individuos, dependiendo de su antigüedad y su grado de importancia para llenar la programación

de cada día. Después se publican los programas por día y por estación de trabajo. Las permutas se manejan entre los empleados, quienes comprenden el valor de cada turno y estación específicos.

Los empleados y el gerente general de Hard Rock Café están conformes con este sistema, dado que las ventas por hora-hombre están aumentando y la rotación de personal va disminuyendo.

Preguntas para análisis*

1. Mencione y justifique varios factores que Hoffman podría usar para pronosticar las ventas semanales.
2. ¿Qué se hace para reducir la rotación en los restaurantes grandes?
3. ¿Por qué es importante la antigüedad en la programación de empleados?
4. ¿Qué impacto tiene el programa en la productividad?

*Tal vez desee ver este caso en su DVD antes de responder las preguntas.

Estudio de casos adicionales

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

- **Payroll Planning, Inc.:** Describe el establecimiento de un programa para manejar la contabilidad de docenas de clientes de la compañía.

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

harvardbusinessonline.hbsp.harvard.edu

- **The Patient Care Delivery Model at Massachussets General Hospital (#699-154):** Examina la implementación de un nuevo modelo para atender a los pacientes.
- **Southern Pulp and Paper (#696-103):** Describe una fábrica de papel cuya mala programación de las máquinas ocasiona un cuello de botella en la operación.

Bibliografía

- Abbink, Erwin, *et al.* “Reinventing Crew Scheduling at Netherlands Railways”. *Interfaces* 35, núm. 5 (septiembre-octubre de 2005): 393-401.
- Bard, Jonathan F. “Staff Scheduling in High Volume Service Facilities with Downgrading”. *IIE Transactions* 36 (2004): 985-997.
- Bolander, Steven F. y Sam G. Taylor. “Scheduling Techniques: A Comparison of Logic”. *Production and Inventory Management Journal* (1er. trimestre de 2000): 1-5.
- Cayirli, Tugba y Emre Veral. “Outpatient Scheduling in Health Care: A Review of Literature”. *Production and Operations Management* 12, núm. 4 (invierno de 2003): 519-549.
- Chapman, Stephen. *Fundamentals of Production Planning and Control*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2006).
- Davis, Darwin J. y Vincent A. Mabert. “Order Dispatching and Labor Assignment in Cellular Manufacturing Systems”. *Decision Sciences* 31, núm. 4 (otoño de 2000): 745-771.
- Haksever, C., B. Render y R. Russell. *Service Management and Operations*, 2da. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2000).
- Leung, Joseph Y. T. *Handbook of Scheduling: Algorithms, Models, and Performance Analysis*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC Press (2004).
- Levinson, William A. *Beyond the Theory of Constraints*. Nueva York: Productivity Press, 2007.
- Mabin, V. S. y S. J. Balderstone. “The Performance of the Theory of Constraints Methodology: Analysis and Discussion of Successful TOC Applications”. *International Journal of Operations and Production Management* 23, núms. 5 y 6 (2003): 508 y 596.
- Mondschein, S. V. y G. Y. Weintraub. “Appointment Policies in Service Operations”. *Production and Operations Management* 12, núm. 2 (verano de 2003): 266-286.
- Morton, Thomas E. y David W. Pentico. *Heuristic Scheduling Systems*. Nueva York: Wiley (1993).
- Pinedo, M. *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*, 2da. ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall (2002).
- Plenert, Gerhard y Bill Kirchmier. *Finite Capacity Scheduling*. Nueva York: Wiley (2000).
- Render, B., R. M. Stair y M. Hanna. *Quantitative Analysis for Management*, 9na. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall (2006).
- Schaeffers, J., R. Aggoune, F. Becker y R. Fabbri. “TOC Based Planning and Scheduling Model”. *International Journal of Operations and Production Management* 42, núm. 13 (julio de 2004): 2639.
- Wright, P. D., K. M. Bretthauer y M. J. Côté. “Reexamining the Nurse Scheduling Problem”. *Decision Sciences* 37, núm. 1 (febrero de 2006): 39-70.

Recursos en internet

Software CMS: www.cmssoftware.com
 Software de programación finita: www.asprova.com
 GE Fanuc Automation: www.gefanuc.com

Desarrollo del modelo ILOG: www.ilog.com
 MDSI, comunicación en la planta de producción: www.mdsi2.com
 Programación de la producción: www.production-scheduling.com