

ron, las reglas de competencia de trabajo total, "FE, THF y RC, fueron superadas por sus homónimas 'operativas', FEOP, THF/OP y RCOP".⁷

¿Cuál debe ser la regla de prioridades que se use? Creemos que la mayoría de los fabricantes está bastante satisfecho con un esquema de prioridades bastante sencillo que incorpore los siguientes principios:

1. Debe ser dinámico; es decir, que se calcule frecuentemente durante el transcurso de un trabajo para reflejar los cambios en las condiciones.
2. Deberá basarse, de una manera u otra, en la holgura (la diferencia entre el trabajo que queda por hacer y el tiempo disponible para hacerlo). Esto incluye las características de fecha de entrega que proponen Kanet y Hayya.

15.5 CONTROL DEL ÁREA DE TRABAJO DEL TALLER

La programación de trabajos es sólo un aspecto del control del área de trabajo del taller (que ahora se denomina con frecuencia *control de las actividades de producción*). APICS Dictionary (diccionario APICS) define al *sistema de control del área de trabajo del taller* como sigue:

Un sistema que utiliza datos del área de trabajo del taller y de los archivos de procesamiento de datos para mantener y comunicar información de estado acerca de los pedidos del taller y los centros de trabajo. Las funciones principales del control del área de trabajo del taller son:

1. Asignar prioridades para cada pedido del taller.
2. Mantener información de cantidades de trabajo en proceso.
3. Transmitir a la oficina la información de estado de los pedidos del taller.
4. Proporcionar datos de producción reales para fines de control de la capacidad.
5. Proporcionar cantidad en cada ubicación por pedido, para fines contables y de inventario de trabajo en proceso.
6. Ofrecer una medición de la eficiencia, de la utilización y de la productividad de los trabajadores y las máquinas.

El cuadro 15.5 presenta más detalles.

Herramientas de control del área de trabajo del taller

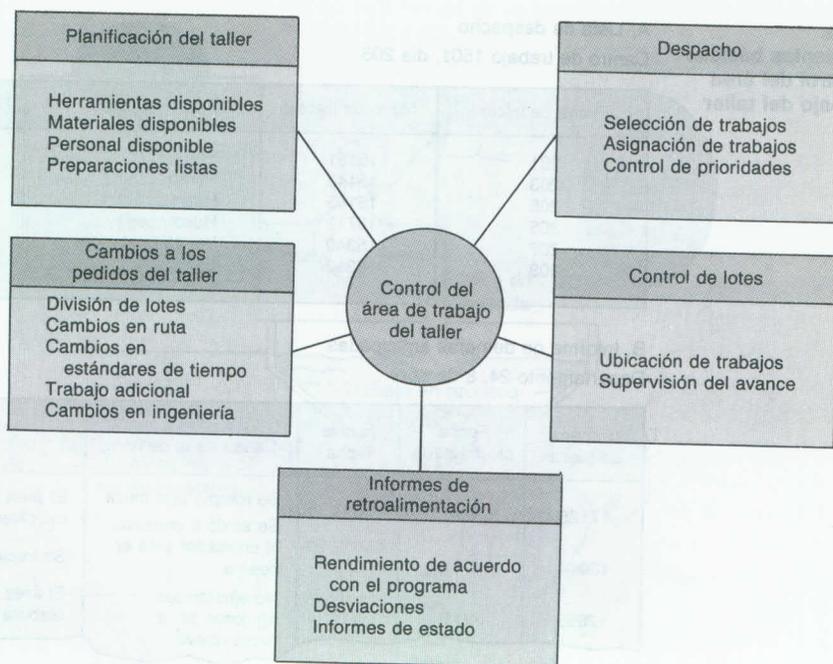
Las herramientas básicas de control del área de trabajo del taller son:

1. La *lista diaria de despacho*, que indica al supervisor cuáles trabajos hay que ejecutar, su prioridad y cuánto tardará cada uno (véase cuadro 15.6A).
2. Diversos *informes de estado y excepción*, que incluyen:

⁷ John K. Kanet y Jack C. Hayya, "Priority Dispatching with Operation Due Dates in a Job Shop", *Journal of Operations Management* 2, núm. 3, pág. 170, mayo de 1982.

CUADRO 15.5

Control del área de trabajo del taller



Fuente: "Shop Floor Control—Closing the Loop", *Inventory Management Newsletter*, Stone Mountain, Ga., Center for Inventory Management, agosto de 1982.

- a. El informe de demoras anticipadas, preparado por el planificador del taller una o dos veces por semana y que revisa el planificador en jefe del taller para ver si hay demoras serias que puedan afectar el programa maestro (véase cuadro 15.6B).
 - b. Informes de desperdicios.
 - c. Informes de trabajo adicional.
 - d. Informes resumidos del rendimiento, que proporcionan el número y porcentaje de pedidos terminados a tiempo, retraso de los pedidos que no se cumplieron, volumen de la producción, etcétera.
 - e. Informe de la escasez.
3. *Informe de control de entradas y salidas*, que utiliza el supervisor para vigilar la relación carga de trabajo-capacidad de cada estación de trabajo (véase Cuadro 15.6C).

Control de entradas y salidas

El control de entradas y salidas (E/S) es una de las características principales de un sistema de control y planificación de la manufactura. Su precepto básico es que las

CUADRO 15.6**Algunas herramientas básicas de control del área de trabajo del taller****A. Lista de despacho**
Centro de trabajo 1501, día 205

Fecha de inicio	Núm. de trabajo	Descripción	Tiempo de ejecución
201	15131	Eje	11.4
203	15143	Perno	20.6
205	15145	Huso	4.3
205	15712	Huso	8.6
207	15340	Varilla contadora	6.5
208	15312	Eje	4.6

B. Informe de demoras anticipadas
Departamento 24, 8 de abril

Número de pieza	Fecha programada	Nueva fecha	Causa de la demora	Acción
17125	4/10	4/15	Se rompió una pieza Se envió a cromado; el cromador está en huelga	El área de reparaciones la devolverá el día 15 de abril
13044	4/11	5/1	No ajustan los agujeros de la pieza nueva	Se inició un lote nuevo
17653	4/11	4/14		El área de ingeniería elabora una guía nueva

C. Informe de control de entradas y salidas (B)
Centro de trabajo 0162

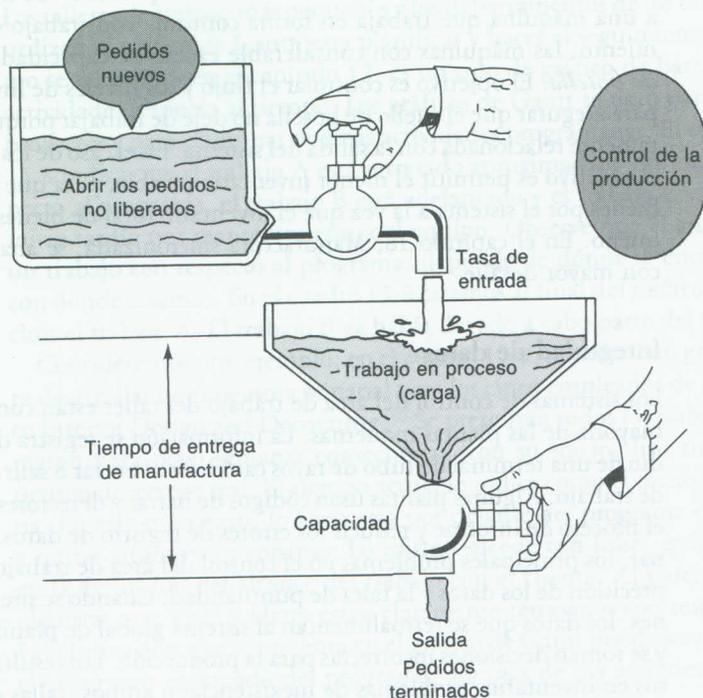
Último día de la semana	505	512	519	526
Entradas planificadas	210	210	210	210
Entradas reales	110	150	140	130
Desviación acumulada	-100	-160	-230	-310
Salidas planificadas	210	210	210	210
Salidas reales	140	120	160	120
Desviación acumulada	-70	-160	-210	-300

(Todas las cifras se indican en horas normales)

entradas planificadas para un centro de trabajo nunca deberán exceder las salidas planificadas. Cuando las entradas superan a las salidas, se acumulan pedidos atrasados en el centro de trabajo, lo que a su vez aumenta las estimaciones de tiempo de entrega de los trabajos anteriores. Además, cuando se acumulan los trabajos en un centro, hay congestiones, el procesamiento pierde eficiencia y comienza a ser esporádico el flujo de trabajo a los centros posteriores. (La analogía con el flujo

CUADRO 15.7

Flujo de carga de control de la capacidad del taller



Fuente: American Production and Inventory Control Society, "Training Aid—Shop Floor Control", sin fecha.

de agua, que se presenta en el cuadro 15.7, ilustra el fenómeno general.) El cuadro 15.6C presenta un informe de entradas y salidas para un centro de trabajo en la parte ulterior del flujo. Al observar primero la mitad superior o inferior del informe, se nota que las salidas están muy por debajo del plan, lo que parece indicar un serio problema de capacidad para el centro de trabajo. Sin embargo, al observar la parte de entradas del informe, es evidente que el problema de capacidad existe en un centro de trabajo anterior que alimenta a este centro. El control de proceso implicaría encontrar la causa de los problemas en las etapas anteriores y ajustar la capacidad y las entradas de manera adecuada. La solución básica es sencilla: aumentar la capacidad en la estación cuello de botella, o reducir sus entradas. (Por cierto, la reducción de entradas en centros de trabajo cuellos de botella es, por lo general, el primer paso que recomiendan los consultores de control de la producción cuando se presentan problemas en los talleres de trabajo.)

Método OPT

Una extensión lógica del control de entradas y salidas es la **tecnología de producción optimizada** (del inglés *OPT*, *optimized production technology*). Una de las ideas

centrales de la OPT es que la capacidad de salida de un sistema de producción se controla con los procesos que tienen menor capacidad.⁸ Se llama *cuello de botella* a una máquina que trabaja en forma continua con trabajo en espera de procesamiento; las máquinas con considerable exceso de capacidad se llaman *no cuellos de botella*. El objetivo es controlar el flujo y los niveles de inventario en el sistema para asegurar que el cuello de botella no deje de trabajar porque su salida está directamente relacionada con la salida del sistema. En el caso de los no cuellos de botella, el objetivo es permitir el menor inventario posible, para que sea rápido el flujo de bienes por el sistema a la vez que el inventario total de bienes en el sistema sea pequeño. En el capítulo 18, Manufactura sincronizada, se analizan estos conceptos con mayor detalle.

Integridad de datos

Los sistemas de control del área de trabajo del taller están computadorizados en la mayoría de las plantas modernas. La información se registra directamente por medio de una terminal de tubo de rayos catódicos al entrar o salir un trabajo del centro de trabajo. Algunas plantas usan códigos de barras y detectores ópticos para acelerar el proceso de informe y reducir los errores de registro de datos.⁹ Como podrá adivinar, los principales problemas en el control del área de trabajo del taller son la imprecisión de los datos y la falta de puntualidad. Cuando se presentan estas situaciones, los datos que se retroalimentan al sistema global de planificación son erróneos y se toman decisiones incorrectas para la producción. Los resultados típicos son excesos en inventario, problemas de inexistencias o ambos, fallas con respecto a las fechas de entrega e imprecisiones en el cálculo de costos de los trabajos.

Por supuesto, debe existir un sólido sistema de recopilación de datos para mantener la integridad de los datos; pero, lo que es más importante, todos los que interactúan con el sistema deben cumplir con lo que se estipula. La mayoría de las empresas reconocen esta situación, pero no siempre es fácil mantener lo que se denomina *disciplina del taller, integridad de datos o responsabilidad de datos*. Además, a pesar de los esfuerzos periódicos para señalar la importancia de los informes cuidadosos del área de trabajo del taller, por medio de la creación de equipos de trabajo de integridad de datos, son muchas las maneras en que las imprecisiones pueden llegar a introducirse en el sistema: Un trabajador de la línea deja caer una pieza debajo de su mesa de trabajo y la sustituye por otra de las existencias sin registrar ninguna de las transacciones. Un empleado del departamento de inventario comete un error en un ciclo de recuento. Un ingeniero de manufactura no se da cuenta de un cambio en la ruta de una parte. Un supervisor de departamento decide efectuar los trabajos en un orden distinto al que indica la lista de despacho.

⁸ Véanse los artículos de R. E. Fox, "OPT—An Answer for America, Part II", *Inventories and Production Magazine* 2, núm. 6, noviembre-diciembre de 1982, y "OPT vs. MRP: Thoughtware vs. Software", *Inventories and Production Magazine* 3, núm. 6, noviembre-diciembre de 1983.

⁹ Algunas compañías también emplean "anaqueles inteligentes", recipientes para inventario con detectores de peso debajo de cada anaquel. Cuando se extrae un artículo del inventario, se envía una señal al computador central, el cual registra la hora, la fecha, la cantidad y lugar de la transacción.

Gráficos de Gantt

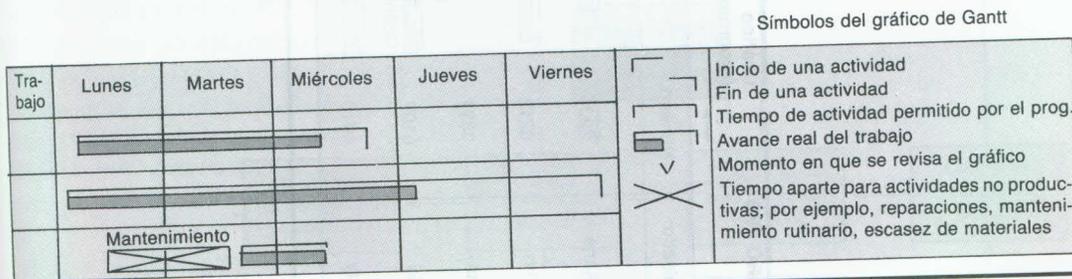
Los talleres de trabajo más pequeños y los departamentos de los talleres más grandes utilizan el gráfico de Gantt para planificar y hacer el seguimiento de trabajos. Como se mencionó en el capítulo 12, es un tipo de gráfico de barras que registra las actividades respecto al tiempo. Los gráficos de Gantt se usan para planificación de proyectos y para coordinar diversas actividades programadas. El ejemplo del cuadro 15.8 indica que el trabajo A está retrasado aproximadamente cuatro horas con respecto al programa, el trabajo B está adelantado y el trabajo C ya terminó, tras un inicio tardío por mantenimiento del equipo. Observe que el adelanto o atraso de un trabajo con respecto al programa, depende de dónde se encuentra en relación con dónde estamos. En el cuadro 15.8 estamos al final del miércoles y ya debía concluir el trabajo A. El trabajo B ya había llevado a cabo parte del trabajo del jueves.

Consideremos otro ejemplo; en el cuadro 15.9, se utilizó un gráfico de Gantt para desarrollar un programa semanal para los cinco empleados de la empresa El Greco Interior Design and Decorating.¹⁰ Se presentan todos los trabajos que se programaron para ocho semanas consecutivas, con su inicio, fin, tiempo permitido y tiempo de avance real. El tiempo actual se indica como el inicio de la tercera semana. En este momento, JoAnna está por delante del programa en lo que se refiere a quitar alfombras y cortinas. Lo mismo sucede con John, quien está adelantado en la definición del alcance del trabajo con el cliente. Al parecer, Helen va bien, mientras que Vicki y Harry están claramente retrasados con respecto al programa. La información que se presenta en el gráfico de Gantt puede servir como ayuda para el supervisor encargado del programa; algunas de sus acciones podrían ser:

- Revisar si la inspección de JoAnna pudiera llevarse a cabo media semana antes, ya que está adelantada con respecto a lo programado.
- Investigar la manera de acelerar el desempeño de Vicki y Harry.

CUADRO 15.8

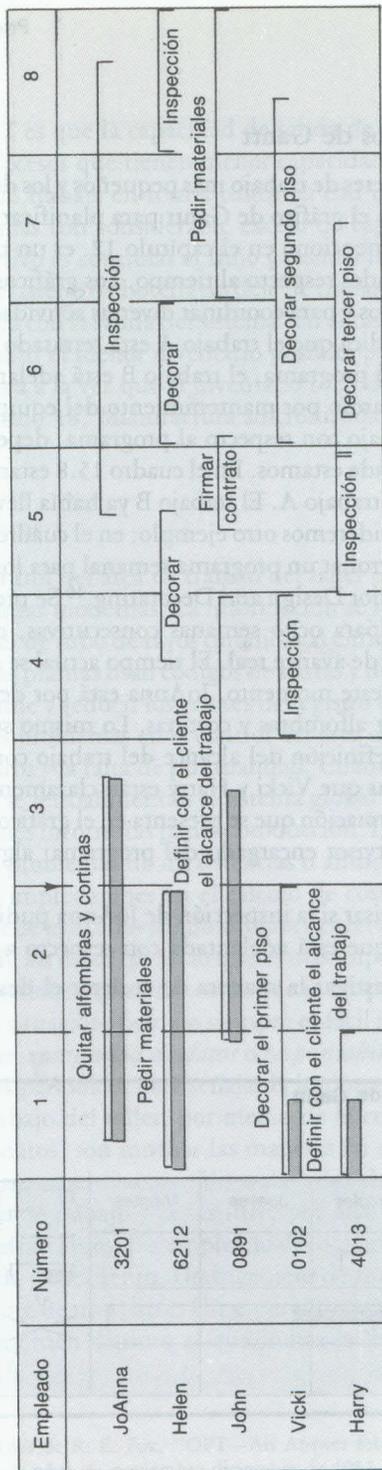
Gráfico de Gantt



¹⁰ Andreas Soteriou, estudiante chipriota de doctorado, de la University of Southern California, proporcionó varios de los ejemplos.

CUADRO 15.9

Gráfico de Gantt para la empresa El Greco Design and Decorating
(programa de actividades del 18 de marzo al 18 de mayo)



- Minimizar el tiempo de inactividad de los empleados. Una forma de lograrlo es que los empleados que están adelantados, como JoAnna, ayuden a los demás o se les proporcione trabajo adicional.

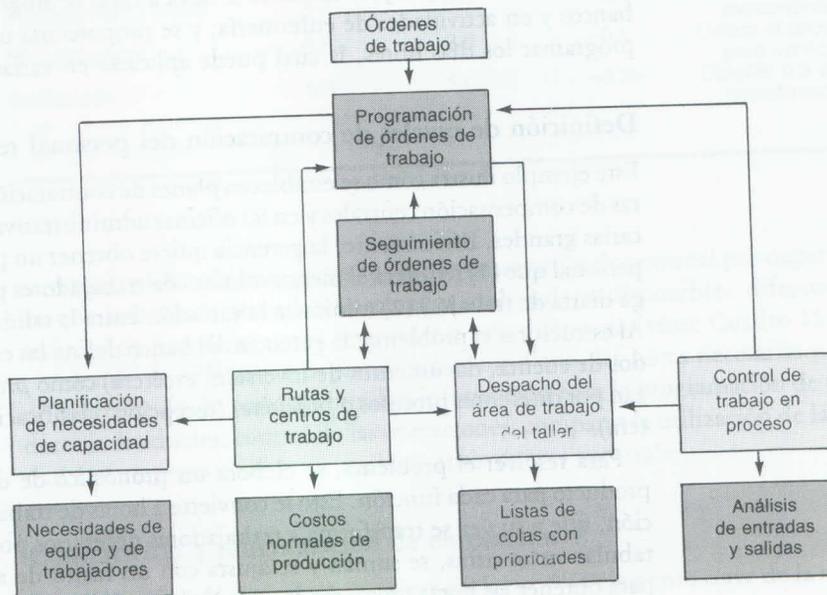
15.6 UN EJEMPLO DE UN SISTEMA TOTAL: PRODUCTION MANAGEMENT/3000, DE HEWLETT-PACKARD

El sistema *Production Management/3000* (administración de la producción/3000), de Hewlett-Packard (véase el resumen en el cuadro 15.10) refleja e integra muchas de las ideas que hemos analizado hasta este punto. Aunque el cuadro los presenta con terminología un poco distinta, el sistema utiliza dos conceptos de programación:

1. *Carga infinita de centros de trabajo.* Es decir, la rutina de programación supone que en todo momento hay capacidad infinita de producción. Se programa de manera independiente cada orden de trabajo y el módulo de planificación de necesidades de capacidad (CRP) identifica las necesidades que exceden la capacidad disponible. Las modificaciones al plan se llevan a cabo de acuerdo con las restricciones de capacidad que indica el proceso. (Compare esto con los enfoques de *carga finita*, donde la carga inicial de un centro de trabajo nunca excede sus capacidades.)
2. *Programación hacia adelante y hacia atrás.* Una vez que se ha establecido la secuencia de procesamiento del trabajo y su tiempo de entrega, el programa de

CUADRO 15.10

Sistema de control y planificación de la producción de Hewlett-Packard



Fuente: HP Manufacturing System, *Production Management/3000*, pág. 71, 1981.

programación de actividades permite determinar las fechas de inicio ideales de dos maneras: *programación hacia atrás* a partir de una fecha de entrega que especifica el usuario, o *programación hacia adelante* a partir de una fecha inicial determinada por el usuario. Las fechas se establecen por medio del cálculo del tiempo real necesario para realizar cualquier secuencia de producción y al revisar el calendario de cada centro de trabajo del taller para determinar el número de horas programadas para una fecha y turno en particular. En la programación hacia atrás, el cliente solicita cierta fecha de entrega y se elabora hacia atrás el programa de actividades, a partir de dicha fecha, para determinar el momento exacto o la fecha límite en que hay que efectuar los pasos de producción. Por otra parte, en la programación hacia adelante se determina cada paso de la producción para que inicie lo más pronto posible, tomando en cuenta la capacidad disponible y los materiales necesarios. La fecha de entrega que se presenta al cliente es la menor fecha de terminación con un pequeño margen para errores. La programación hacia atrás es deseable porque pospone las inversiones en inventario; la programación hacia adelante es atractiva porque es mayor la probabilidad de cumplir con la fecha de entrega. (En general, las compañías utilizan ambos métodos para equilibrar la capacidad y el flujo de la línea.)

15.7 PROGRAMACIÓN DE PERSONAL EN SERVICIOS

En la mayoría de las organizaciones de servicio, el problema de la programación gira alrededor del establecimiento de los niveles de contratación de personal y la programación de la semana de trabajo. Esto es distinto de la manufactura, donde los materiales son el punto focal de las operaciones de programación. En esta sección se presentan breves ejemplos de cómo se lleva a cabo la programación de personal en bancos y en actividades de enfermería, y se proporciona una técnica sencilla para programar los días libres, la cual puede aplicarse en varias situaciones.

Definición de niveles de contratación del personal requerido en bancos

Este ejemplo ilustra cómo se establecen planes de contratación de personal en cámaras de compensación centrales y en las oficinas administrativas de las sucursales bancarias grandes. Básicamente, la gerencia quiere obtener un plan de contratación de personal que (1) requiera el menor número de trabajadores para cumplir con la carga diaria de trabajo y (2) minimice la variación entre la salida real y la programada. Al estructurar el problema, la gerencia del banco define las entradas (cheques, estados de cuenta, documentos de inversión, etcétera) como *productos*, que se canalizan por diferentes procesos o *funciones* (recepción, clasificación, codificación, etcétera).

Para resolver el problema, se elabora un pronóstico de demanda mensual por producto para cada función. Esto se convierte a horas de trabajo requeridas por función, que a su vez se transforma a trabajadores necesarios por función. Después se tabulan estas cifras, se suman y se ajusta con un factor de ausencias y vacaciones para obtener las horas programadas, las cuales se dividen entre el número de horas en el día de trabajo para obtener el número de trabajadores que se requiere. Esto da como resultado las horas diarias necesarias de personal (véase Cuadro 15.11). A

CUADRO 15.11 Horas diarias necesarias de personal

Producto	Volumen diario	FUNCIÓN									
		RECEPCIÓN		PROCESAMIENTO PREVIO		MICROFILMACIÓN		VERIFICACIÓN		TOTALES	
		P/H	H _{norm}	P/H	H _{norm}	P/H	H _{norm}	P/H	H _{norm}	H _{norm}	H _{norm}
Cheques	2000	1000	2.0	600	3.3	240	8.3	640	3.1	16.7	
Estados de cuenta	1000	—	—	600	1.7	250	4.0	150	6.7	12.4	
Pagarés	200	30	6.7	15	13.3	—	2.0	150	2.7	16.7	
Inversiones	400	100	4.0	50	8.0	200	1.7	60	8.4	11.8	
Colectas	500	300	1.7	—	—	300	—	—	—	—	
Total de horas necesarias			14.4	—	26.3	—	16.0	—	20.9	77.6	
Multiplicado por 1.25 (ausencias y vacaciones)			18.0	—	—	—	20.0	—	26.1	—	
Dividido entre 8 horas, es igual al personal necesario			2.3	—	4.1	—	2.5	—	3.3	—	

Nota: P/H indica la tasa de producción por hora; P_{norm} indica las horas necesarias

CUADRO 15.12

Plan de contratación de personal

Función	Personal requerido	Personal disponible	Distancia (±)	Acciones de la ganancia
Recepción	2.3	2.0	-0.3	Utilizar horas extraordinarias.
Procesamiento previo	4.1	4.0	-0.1	Utilizar horas extraordinarias.
Microfilmación	2.5	3.0	+0.5	Utilizar el exceso para verificación.
Verificación	3.3	3.0	-0.3	Obtener 0.3 de microfilmación.

su vez, esto forma la base para el plan de contratación de personal por departamento, que indica los trabajadores necesarios, trabajadores disponibles, diferencia y las acciones de la gerencia para responder a esta diferencia (véase Cuadro 15.12).

Además de aplicarse a la planificación cotidiana, las horas necesarias y el plan de contratación de personal brindan información para la programación de trabajadores individuales, control de las operaciones, comparar la utilización de la capacidad con respecto a otras sucursales y abrir nuevas sucursales.

Contratación y programación de enfermeras

W. Abernathy, N. Baloff y J. Hershey declaran, "El elemento clave de la contratación eficaz de enfermeras es un procedimiento bien planteado para lograr el equilibrio general entre el número de personas de enfermería y la demanda esperada de

CUADRO 15.13

Problemas generales de la programación de actividades de enfermería

Problema	Solución posible
Precisión del pronóstico de carga de pacientes	Hacer pronósticos frecuentes y elaborar el presupuesto cada mes. Vigilar de cerca las demandas por temporada, enfermedades contagiosas y ocupación actual.
Pronosticar la disponibilidad de enfermeras	Desarrollar normas de trabajo de las enfermeras para cada nivel de demanda posible (requiere la recopilación y el análisis sistemático de datos).
Complejidad y tiempo necesario para elaborar de nuevo el presupuesto	Utilizar programas de computación.
Flexibilidad en la programación	Usar contratación variable de personal. Establecer niveles normales de personal ligeramente por encima del mínimo y absorber la diferencia con enfermeras "flotantes" que posean una gama amplia de habilidades, enfermeras de medio tiempo y con horas extraordinarias.

los pacientes".¹¹ Su procedimiento, denominado *elaboración de presupuestos agregados*, se basa en diversas actividades interrelacionadas y su salida principal es un programa de actividades a corto plazo. Los hospitales tienen varios problemas prácticos para obtener un presupuesto agregado que sea eficaz y a la vez de bajo costo. Estos problemas se presentan en el cuadro 15.13, junto con posibles soluciones.

Aunque la mayoría de los hospitales utiliza métodos de tanteo para desarrollar programas, los científicos de la dirección y la administración han aplicado al problema técnicas de optimización, con éxito. Por ejemplo, se desarrolló un modelo de programación lineal.¹² En este modelo se supone una demanda conocida, a corto plazo (tres o cuatro días) de los cuidados de enfermería, y desarrolla un patrón de contratación de personal que:

1. Especifica el número de enfermeras de cada nivel de habilidades que debe asignarse a los pabellones y turnos.
2. Satisface todas las restricciones de capacidad del personal de enfermería.
3. Permite sustituciones limitadas entre las tareas de las enfermeras.
4. Minimiza el costo de la escasez de cuidado de enfermería durante el periodo de programación.

¹¹ W. Abernathy, N. Baloff y J. Hershey, "The Nurse Staffing Problem: Issues and Prospects", *Sloan Management Review* 13, núm. 1, págs. 87-109, otoño de 1971.

¹² D. Warner y J. Prawda, "A Mathematical Programming Model for Scheduling Nursing Personnel in a Hospital", *Management Science* 19, págs. 411-422, diciembre de 1972.

Programación de días libres consecutivos

Un problema práctico en muchas organizaciones es establecer programas de actividades de manera que los empleados puedan tener dos días libres consecutivos. En Estados Unidos, la importancia del problema nace de la Fair Labor Standards Act (Acta de normas de trabajo justas), que establece tiempo extraordinario por las horas de trabajo (en el caso de trabajadores fijos) que excedan 40 horas por semana. Es obvio que si no pueden programarse dos días libres consecutivos por semana para cada empleado, la probabilidad de horas extraordinarias innecesarias es alta. Además, la mayoría de las personas prefiere dos días libres consecutivos por semana. El siguiente procedimiento heurístico es una modificación del que desarrollaron James Browne y Rajen Tibrewala para tratar este problema.¹³

Objetivo. Encontrar el programa que minimice el número de trabajadores de cinco días que tengan dos días libres consecutivos, sujeto a las demandas del programa diario de contratación de personal.

Procedimiento. Se parte del número total de trabajadores necesarios para cada día de la semana y se crea un programa añadiendo los trabajadores uno por uno. Es un procedimiento de dos pasos:

Paso 1. Encierre en un círculo el menor par de días consecutivos. El par menor es aquel donde el mayor número del par es igual o menor que el número mayor en cualquier otro par. Esto asegura que hay personal para cubrir los días con mayores necesidades. (Se puede elegir lunes y domingo, aunque estén en extremos opuestos del arreglo de días.) En caso de un empate, se toma el par de días libres con menor necesidad en un día adyacente, ya sea antes o después del par. Si persiste el empate, escoja el primero de los pares empatados disponibles. (No se moleste en usar reglas adicionales para romper empates, como el segundo día adyacente menor.)

Paso 2. Reste 1 a cada uno de los cinco días restantes (es decir, los días que no están encerrados por el círculo). Esto indica que se requiere un trabajador menos en esos días, ya que se acaba de asignar el primer trabajador.

Los dos pasos se repiten para el segundo trabajador, el tercero, cuarto, etcétera, hasta que ya no se requieran trabajadores para satisfacer el calendario.

Ejemplo	L	Ma	Mi	J	V	S	D
Necesidades	4	3	4	2	3	1	2
Trabajador 1	4	3	4	2	3	1	2
Trabajador 2	3	2	3	1	2	1	2
Trabajador 3	2	1	2	0	2	1	1
Trabajador 4	1	0	1	0	1	1	1
Trabajador 5	0	0	1	0	0	0	0

¹³ James J. Browne y Rajen K. Tibrewala, "Manpower Scheduling", *Industrial Engineering* 7, núm. 8, págs. 22-23, agosto de 1975.

Solución

Esta solución consiste en cinco trabajadores que cubren 19 días-trabajador, aunque hay asignaciones ligeramente distintas que son igualmente satisfactorias.

El programa es: el trabajador 1 tiene libre S-D; el trabajador 2, V-S; trabajador 3, S-D; trabajador 4, Ma-Mi; y el trabajador 5 sólo trabaja el miércoles, ya que no hay necesidades para los otros días.

15.8 CONCLUSIÓN

El objetivo de este capítulo ha sido proporcionar un análisis de la naturaleza de la planificación y control de las operaciones, haciendo hincapié en los entornos de taller de trabajo. La programación del trabajo, al igual que otros aspectos de la dirección de operaciones, depende cada vez más de los computadores y ahora se le considera algo inseparable de los sistemas totales de control y planificación de la manufactura, de los cuales forma parte.

15.9 PREGUNTAS DE REPASO Y DISCUSIÓN

1. Establezca la diferencia entre un taller de trabajo y un taller de flujo.
2. ¿Cómo traduciría el epígrafe que abre el capítulo a términos de un taller de trabajo?
3. ¿Qué aspectos prácticos impedirían la aplicación de la regla MTO?
4. ¿Qué regla de prioridades utiliza para programar su tiempo de estudio para exámenes semestrales? Si tuviera que estudiar para cinco exámenes, ¿cuántas alternativas de programas existirían?
5. La integridad de los datos es un aspecto importante en la industria. ¿Por qué?
6. En Estados Unidos se hacen ciertas suposiciones acerca de las reglas de prioridades que se emplean en bancos, restaurantes y tiendas al menudeo. Si tiene la oportunidad, averigüe qué reglas se utilizan en otros países. Si existen diferencias, ¿a qué factores las atribuye?
7. ¿Qué características de trabajo le llevaría a programar las actividades de acuerdo con la regla "primero el que tenga mayor tiempo de procesamiento"?
8. ¿En qué forma difiere el problema de programación de actividades en la oficina central de un banco del de una sucursal?

15.10 PROBLEMAS

- *1. El señor Regan acaba de conocer el método de tiempo de terminación para la programación de actividades y se pregunta si podrá aplicarlo a la asignación de dinero para gastos de sus tres hijos. Le gustaría asignar de vez en cuando una cantidad fija a sus hijos, de manera que al sumarla a lo que ya tienen, cubran todos sus gastos para el mismo periodo. El hijo mayor de Regan es estudiante de curso preuniversitario y gasta 1.95 dólares diarios (1.00 dólar para el autobús y 0.95 para el almuerzo). Su hija está en la escuela secundaria y gasta 1.65 dólares por día (1.00 para el autobús y 0.65 para su al-

* En el apéndice H se encuentran las soluciones a los problemas 1 y 2.

muerzo). Su hijo menor está en la escuela primaria y gasta 0.55 dólares diarios (el autobús escolar es gratuito). A continuación se presenta el dinero para gastos que tiene cada hijo y los gastos programados que ya se mencionaron.

	Dinero disponible para gastos	Gastos diarios
Hijo mayor	\$3.20	\$1.95
Hija	2.40	1.65
Hijo menor	1.80	0.55

Regan quisiera dividir 20 dólares entre sus hijos para que cada uno tenga dinero para gastos para el mismo número de días. Utilice el método de tiempo de terminación para encontrar la asignación correcta.

- *2. El taller de tapicería y pintura de José concursa por un contrato para hacer todo el trabajo especial de la agencia de automóviles usados de Eduardo el Sonriente. Uno de los requisitos principales para obtener el contrato es el tiempo de entrega rápido, ya que Eduardo, por razones que no se analizarán aquí, quiere reembarcar los automóviles y tenerlos de regreso en su agencia lo más rápido posible. Eduardo ha dicho que si José puede arreglar y pintar cinco automóviles que acaba de recibir (de una fuente no mencionada) en menos de 24 horas, el contrato sería suyo. A continuación se indican el tiempo (en horas) que se requiere en los talleres de reparación y pintura para cada uno de los cinco automóviles. Suponiendo que los automóviles pasan por las operaciones de reparación antes de pintarlos, ¿puede cumplir José con las exigencias de tiempo y obtener el contrato?

Automóvil	Tiempo de pintura (horas)	Tiempo de pintura (horas)
A	6	3
B	0	4
C	5	2
D	8	6
E	2	1

3. José tiene tres automóviles que debe ajustar su mecánico "estrella", Jaime. Con base en los siguientes datos acerca de los automóviles, utilice la "regla 4" de Conway (menor tiempo de holgura por operación) para determinar la prioridad de programación de Jaime para cada automóvil.

Automóvil	Tiempo de entrega al cliente (horas a partir de este momento)	Tiempo faltante para el ajuste (horas)	Operaciones faltantes
A	10	4	Pintura
B	17	5	Alineación de ruedas, pintura
C	15	1	Cromado, pintura, reparación de asientos

4. Hay siete trabajos que deben procesarse en dos operaciones: A y B. Los siete trabajos deben pasar por A y B en ese orden, primero A, luego B. Determine la secuencia óptima para que pasen los trabajos por el proceso, a partir de estos tiempos:

Trabajo	Tiempo de proceso A	Tiempo de proceso B
1	9	6
2	8	5
3	7	7
4	6	3
5	1	2
6	2	6
7	4	7

5. Este problema requiere el uso de la simulación, que se analiza en el suplemento de este capítulo. José tiene la oportunidad de hacer un trabajo de reparación de gran magnitud para un club de motocicletas de la localidad. (Un camión de basura pasó accidentalmente por encima de las motocicletas). La compensación por el trabajo es buena, pero es muy importante que el tiempo total de la reparación de las cinco motocicletas sea menor de 40 horas. (El jefe del club ha señalado que estaría muy molesto si las motocicletas no estuvieran disponibles para una carrera programada). José sabe, a partir de la experiencia, que este tipo de reparaciones muchas veces requieren que las motocicletas pasen varias veces por los procesos, por lo que es difícil establecer pronósticos de tiempo. Sin embargo, José cuenta con los siguientes datos históricos acerca de la probabilidad de que un trabajo inicie en cada proceso, el tiempo de procesamiento para cada tipo de proceso y las probabilidades de transición entre cada par de procesos.

Proceso	Probabilidad de que el trabajo inicie en el proceso	PROBABILIDAD DE TIEMPO DE PROCESAMIENTO (HORAS)			PROBABILIDAD DE PASAR DEL PROCESO A OTROS PROCESOS O TERMINAR (SALIDA)			
		1	2	3	Armazón	Trabajo sobre el armazón	Pintura	Salida
Reparación de la carrocería	0.5	0.2	0.4	0.4	—	0.4	0.4	0.2
Trabajo sobre el motor	0.3	0.6	0.1	0.3	0.3	—	0.4	0.3
Pintura	0.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.1	—	0.8

Con base en esta información, utilice la simulación para determinar los tiempos de reparación de cada motocicleta y presente sus resultados en un gráfico de Gantt que indique una programación PEPA. (Suponga que sólo se puede trabajar en una motocicleta al mismo tiempo en cada proceso). A partir de su simulación, ¿qué recomendaría que hiciera José?

6. La siguiente lista de trabajos de un departamento crítico incluye las estimaciones de los tiempos necesarios:

Trabajo	Tiempo requerido (días)	Días para la fecha de entrega prometida	Holgura
A	8	12	4
B	3	9	6
C	7	8	1
D	1	11	10
E	10	-10	—
F	6	10	4
G	5	-8	—
H	4	6	2

- a. Utilice la regla de menor tiempo operativo para programar estos trabajos:
 ¿Cuál es el programa de trabajo?
 ¿Cuál es el promedio de tiempo de flujo?

b. Al jefe no le gusta el programa de (a). Hay que realizar primero los trabajos E y G, por una razón obvia (ya están atrasados). Programe de nuevo y haga lo mejor que pueda programando primero el trabajo E y después el G.

¿Cuál es el nuevo programa?
 ¿Cuál es el nuevo promedio de tiempo de flujo?

7. John Adams es un supervisor de taller para Foley and Burnham (F&B), Inc., en el área de inserción de componentes. F&B programa su taller de manera bastante libre y depende de los gerentes de bajo nivel determinar el programa de producción de la semana. Adams produce artículos normales para inventario y los tiempos de preparación son mínimos, por lo que normalmente trata de aprovechar sus recursos productivos de manera que se dedique el mismo tiempo a todos los productos.

Suponga que Adams tiene cuatro centros de mecanizado que trabajan ocho horas por día, cinco días cada semana, para un total de 160 horas de producción semanales. Adams necesita planificar cómo asignar sus 160 horas totales disponibles para las cinco configuraciones de circuitos impresos en la próxima semana. Su tarea es ayudarlo utilizando el método de tiempo de terminación.

Artículo	Tiempo de producción por unidad (minutos)	Inventario disponible (unidades)	Pronóstico de uso para la próxima semana (unidades)
PC1	4	900	600
PC2	1	1 100	700
PC3	3	800	1 200
PC4	5	500	300
PC5	8	125	75

8. Una instalación de manufactura tiene que programar cinco trabajos para producción. La tabla siguiente presenta los tiempos de procesamiento, así como los tiempos de espera necesarios y otras demoras para cada uno de los trabajos.

Suponga que hoy es el 3 de abril y que los trabajos deben entregarse en las fechas que se indican.

Trabajo	Días necesarios de procesamiento real	Días de demoras necesarias	Tiempo total requerido	Fecha de entrega del trabajo
1	2	12	14	30 de abril
2	5	8	13	21 de abril
3	9	15	24	28 de abril
4	7	9	16	29 de abril
5	4	22	28	27 de abril

Determine dos programas que establezcan el orden en que hay que llevar a cabo los trabajos. En uno de los programas emplee la regla de relación crítica. Puede usar cualquier otra regla para el segundo programa, siempre y cuando establezca cuál es.

9. Una empresa de contabilidad, Debits 'R Us, quisiera imponer un límite máximo de cuatro personas en su personal de auditoría, y aun así satisfacer las necesidades de contratación de personal y la política de dos días libres por semana. ¿Es posible, con base en las siguientes necesidades? ¿Cuál deberá ser el programa?

Necesidades (lunes a domingo): 4, 3, 3, 2, 2, 4, 4.

10. Los trabajos A, B, C, D y E deben pasar por los procesos I y II en ese orden (es decir, primero el proceso I, luego el proceso II).

Utilice la regla de Johnson para determinar la secuencia óptima para programar los trabajos de manera que se minimice el tiempo total necesario.

Trabajo	Tiempo de procesamiento requerido en I	Tiempo de procesamiento requerido en II
A	4	5
B	16	14
C	8	7
D	12	11
E	3	9

11. Por diversas razones, nuestro amigo José está ahora a cargo de lo que pudiera llamarse un *taller cautivo* en un establecimiento operado por el gobierno (es decir, en una penitenciaría). El taller fabrica y pinta productos metálicos, que incluyen matrículas para automóvil, señales para carreteras, rejas para ventanas y marcos de puertas. La responsabilidad principal de José es equilibrar la utilización del equipo para los cuatro productos, de manera que se satisfaga la demanda correspondiente a cada uno. Con base en los siguientes datos, ¿cómo podría programar los cuatro productos para alcanzar el objetivo en la próxima semana? ¿Cómo sería su programa?

Artículo	Inventario	Tiempo de producción por unidad	Pronóstico de uso semanal
Rejas para ventanas	200	0.1 horas	100
Marcos para puertas	100	0.06	50
Señales para carretera	70	0.3	60
Matrículas para automóvil	150	0.7	125

Horas de máquina disponibles = 90/semana

12. Un fabricante de telas planifica la producción para la siguiente semana y quiere utilizar el método de tiempo de terminación para la programación. Parte de su lógica para usar el método de tiempo de terminación en este caso es que usa el mismo diseño para toallas grandes, toallas de mano, sábanas y fundas para almohada. Por lo tanto, quisiera contar con las mismas cantidades en el periodo en caso de que cambie el diseño. A continuación se muestran las cantidades disponibles, los tiempos de producción para cada artículo y el pronóstico de la demanda. Dispone de 120 horas de capacidad en la planta, en tres turnos. (Se emplea la misma máquina para fabricar todos los artículos, por lo que el problema es determinar cuál se hará, en qué cantidad y cuánto tiempo de máquina se asigna a cada uno.)

Artículo	Unidades disponibles	Tiempo de producción para cada artículo, en horas	Pronóstico de la demanda semanal
Toallas de mano	500	0.1	300
Toallas grandes	200	0.15	400
Sábanas	150	0.20	200
Fundas para almohada	300	0.15	200

13. José acaba de terminar su contrato con el gobierno. Por su magnífico desempeño, pudo conseguir empleo como programador de producción en un nuevo taller de pintura especial para automóviles cerca de la frontera. En los años que estuvo fuera de circulación mejoraron considerablemente las técnicas, por lo que los tiempos de procesamiento son mucho menores. Este sistema es capaz de manejar 10 automóviles por día. Ahora, la secuencia es hacer primero los arreglos especiales y luego la pintura.

Automóvil	Tiempo de arreglos especiales (horas)	Pintura (horas)
1	3.0	1.2
2	2.0	0.9
3	2.5	1.3
4	0.7	0.5
5	1.6	1.7
6	2.1	0.8
7	3.2	1.4
8	0.6	1.8
9	1.1	1.5
10	1.8	0.7

¿En qué secuencia debe programar José los automóviles?

15.11 CASO: McCALL DIESEL MOTOR WORKS (NECESIDAD DE UN SISTEMA INTEGRAL DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN)

McCall Diesel Motor Works ha sido pionero en la fabricación de cierto motor de combustión interna. El taller se encuentra en la costa del estado de Nueva Jersey, porque en un principio la compañía fabricaba motores para vehículos marinos, sobre todo barcos de pesca y lanchas de recreo. Más tarde, se extendieron sus actividades a los motores fijos, que se usan principalmente para generar energía en pequeñas comunidades, plantas de manufactura o en granjas.

En los primeros años de actividad de la compañía, los motores se hacían como trabajos especiales. Incluso ahora, cerca del 60% de su producción se hace sobre pedido. Sin embargo, en los últimos años se ha presentado una tendencia a normalizar las piezas componentes y reducir la variedad de motores que producen. El departamento de ingeniería ha seguido el principio de la simplificación y normalización en el caso de las piezas más pequeñas, como pernos, tuercas y resortes, lo que permite intercambiar estos componentes entre los diversos tipos y tamaños de motores. También se han normalizado, hasta cierto punto, los tamaños de motores marinos, aunque las necesidades de los clientes aún requieren diseños especiales. En cuanto a los motores pequeños para uso agrícola, se ha hecho un gran esfuerzo para concentrar las ventas en una línea normal de motores de tres tamaños: 20 CV, 40 CV y 60 CV.

La compañía siempre ha avanzado en cuanto al desarrollo y diseño de ingeniería. Por otra parte, la fase de producción no ha sido tan progresista. Persiste la herencia de las operaciones de taller de trabajo y, a pesar de los pasos hacia la normalización, gran parte de la manufactura es aún sobre pedido. El incremento en la popularidad de los motores diesel ha visto nacer muchas nuevas compañías en el ramo, por lo que se ha hecho más competitiva la situación.

Los altos costos de manufactura y el mal servicio se han reflejado en la pérdida de pedidos. Las quejas de los clientes y la presión del departamento de ventas dieron lugar a que la gerencia llamara a un ingeniero consultor para que hiciera un estudio del departamento de manufactura y recomendara un plan de acción.

El informe del ingeniero presentó lo siguiente:

1. *Métodos de manufactura:* aunque aún son en gran parte del tipo de taller de trabajo, en términos generales están bien y no hay que hacer cambios de gran magnitud. Puesto que 60% de la producción es especial, no es factible un cambio completo a una manufactura en línea o a la asignación de productos por departamento.

2. *Maquinaria y equipo:* la mayoría de propósito general, lo que va de acuerdo con las necesidades de manufactura. Algunas máquinas herramienta se acercan a la obsolescencia

y, en el caso de ciertas operaciones, se recomendarían máquinas de propósito específico y alto nivel de producción. No es urgente reemplazar las máquinas herramienta, pero hay que aumentar de inmediato el uso de guías y accesorios. En la planta hay muchos cuellos de botella, pero, a diferencia de lo que usted cree, al igual que su capataz y los demás ejecutivos del taller, no hay ninguna falta seria de equipo productivo. El problema yace en la mala utilización del tiempo de máquina disponible.

3. *Control de la producción:* es el elemento principal de las deficiencias operativas, y es urgente mejorarlo. La falta de control adecuado sobre la producción se manifiesta en varias formas:

a. Mucho inventario en proceso, como lo demuestran las pilas de piezas parcialmente terminadas en todas las áreas de manufactura del taller.

b. Ausencia de registros que indiquen dónde están los pedidos en proceso, desde su inicio hasta la entrega al área de montaje.

c. Demasiados trabajos urgentes, sobre todo en montaje pero también en la manufactura de piezas.

d. Demasiados perseguidores de piezas que fuerzan los pedidos en el taller con métodos de presión.

e. Manufactura en pedazos; por lo general se divide un lote de 20 piezas en cuatro o cinco lotes antes de terminarlo. Con frecuencia el último sub lote permanece durante meses en el área de trabajo del taller y muchas veces se pierde, en lo que se refiere a registros. Se emiten nuevos pedidos por la misma pieza y se terminan nuevos lotes mientras los remanentes del lote viejo están parcialmente terminados.

f. Costos de preparación excesivos, como resultado de los métodos mencionados en el punto (e) y al no utilizar los tamaños de lote adecuados, incluso cuando no se dividen los lotes durante la manufactura.

g. No llegan al montaje al mismo tiempo todas las piezas componentes necesarias. El área de trabajo del taller está repleta de pilas de piezas que esperan la llegada de uno o más componentes antes de poder montar los motores.

h. No existe una secuencia definitiva de operaciones de manufactura para una pieza específica. Toda la responsabilidad de la manera en que se fabricará la pieza recae sobre los capataces del departamento; estos hombres son buenos maquinistas, pero no puede confiarse que su memoria, llena de detalles, asegure que las piezas se fabriquen siempre con la mejor secuencia de operaciones, o por lo menos con la misma. Así mismo, tienen la responsabilidad de determinar cuál será el departamento al cual se envíen las piezas cuando concluye el trabajo en su departamento.

i. Hay veces en que se han emitido pedidos internos hasta seis u ocho veces en el mismo mes para ciertas piezas normales pequeñas.

j. No hay información para estimar, con cierto nivel de aproximación, el tiempo global de manufactura de un motor. Por consiguiente, hay fallas para cumplir con las fechas de entrega o se elevan los costos de producción por causa de las urgencias o el tiempo de trabajo extraordinario.

k. El departamento de servicio muchas veces toma piezas en proceso o en almacenamiento, destinados para montaje inmediato, para suministrar un pedido para una reparación de emergencia. En este caso la duda no es la determinación académica de la prioridad entre el cliente cuyo barco puede estar fuera de actividad porque una pieza esté rota y el cliente que aún no recibe su motor; la cuestión es por qué deben existir dificultades para ofrecer un servicio de reparación adecuado y al mismo tiempo cumplir con las fechas de entrega.

l. Casi todos los datos básicos de manufactura están en la cabeza del supervisor, el capataz del departamento, los capataces asistentes y los hombres que llevan a cabo las preparaciones.

m. El departamento de ventas establece las fechas de entrega y por lo general son fechas que los clientes fijan arbitrariamente.

n. El superintendente general no demuestra demasiado entusiasmo por la idea de un sistema de control de la producción; es más, se opone a su instalación. Él opina que actualmente se obtienen resultados bastante satisfactorios con asignar la responsabilidad a los capataces y mantener el contacto entre ellos y los perseguidores de piezas, quienes a su vez son responsables de cumplir con las fechas de entrega. Él cree que ningún sistema puede sustituir el conocimiento del capataz con respecto a la habilidad de los trabajadores. Agrega que los estudios de tiempos son difíciles por el gran número de operaciones, la gran cantidad de trabajo especial, la probable oposición de los trabajadores y el costo. Declara además que los pedidos urgentes y de emergencia alterarían cualquier programa rígido en la planta. Por último, está convencido de que todo sistema de control de la producción implica gran cantidad de detalles administrativos, a los que se oponen los capataces, hombres prácticos del taller.

El consultor detectó dos causas principales de la situación:

1. Mucha influencia del carácter original de taller de trabajo en la manufactura y la evolución lenta hacia la operación en gran escala.
2. El hecho de que la gerencia superior de la compañía estaba orientada principalmente hacia las ventas.

Por lo tanto, su recomendación tenía que ser un programa sencillo y fácil de comprender que proporcionara el control adecuado sobre la producción y que pudiera instituirse de forma gradual y lógica.

PREGUNTAS

1. Describa las características esenciales del sistema de control de la producción para esta compañía, con detalles suficientes para comprender claramente cómo funcionaría el sistema.
2. Indique qué parte de su procedimiento debe estar centralizada y cuál no. ¿Qué funciones debe manejar la oficina central de control de la producción y cuáles deben llevarse a cabo en los distintos departamentos de producción y montaje?
3. ¿Qué datos deben recopilarse antes de que el sistema alcance toda su eficacia?
4. Enumere las ventajas que obtendrá la compañía una vez que esté en marcha su sistema de control de la producción.
5. Presente, en el orden adecuado, los pasos que deben seguirse y los departamentos que deben participar en la determinación de las fechas de entrega a clientes.
6. ¿Qué argumentos usaría para rebatir las objeciones del superintendente general, que se presentaron en el párrafo n del informe del consultor?
7. En términos generales, ¿cuál será el papel del capataz cuando se ponga en marcha un sistema completo de control de la producción y una vez que se haya establecido un departamento de control de la producción?

15.12 BIBLIOGRAFÍA

- Baker, K. R., "The Effects of Input Control in a Simple Scheduling Method", *Journal of Operations Management* 4, núm. 2, págs. 99-112, febrero de 1984.

- Berry, W. L., R. Penlesky y T. E. Vollmann, "Critical Ratio Scheduling: Dynamic Due-Date Procedures under Demand Uncertainty", *IIE Transactions* 16, núm. 1, págs. 81-89, marzo de 1984.
- Conway, R. W., William L. Maxwell y Louis W. Miller, *Theory of Scheduling*, Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing, 1967.
- Fox, R. E., "OPT—An Answer for America, Part II", *Inventories and Production Magazine* 2, núm. 6, noviembre-diciembre de 1982.
- Fox, R. E., "OPT vs. MRP: Thoughtware vs. Software", *Inventories and Production Magazine* 3, núm. 6, noviembre-diciembre de 1983.
- Gershkoff, I., "Optimizing Flight Crew Schedules", *Interfaces* 19, núm. 4, págs. 29-43, julio-agosto de 1989.
- Goldratt, E. M. y J. Cox, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, Croton-on-Hudson, N.Y., North River Press, 1986.
- Johnson, S. M., "Optimal Two Stage and Three Stage Production Schedules with Setup Time Included", *Naval Logistics Quarterly* 1, núm. 1, págs. 61-68, marzo de 1954.
- Moody, P. E., *Strategic Manufacturing: Dynamic New Directions for the 1990s*, Homewood, Ill., Richard D. Irwin, 1990.
- Richter, H., "Thirty Years of Airline Operations Research", *Interfaces* 19, núm. 4, págs. 3-9, julio-agosto de 1989.
- Sandman, W. E. y J. P. Hayes, *How to Win Productivity in Manufacturing*, Dresher, Pa., Yellow Book of Pennsylvania, 1980.
- Wild, Ray, *International Handbook of Production and Operations Management*, Londres, Inglaterra, Cassell Educational Ltd., 1989.

Su

Sin

ESQU

S15.1

S15.2

S15.3

S15.4

S15.5

S15.6

S15.7

S15.8

S15.9

S15.

S15.