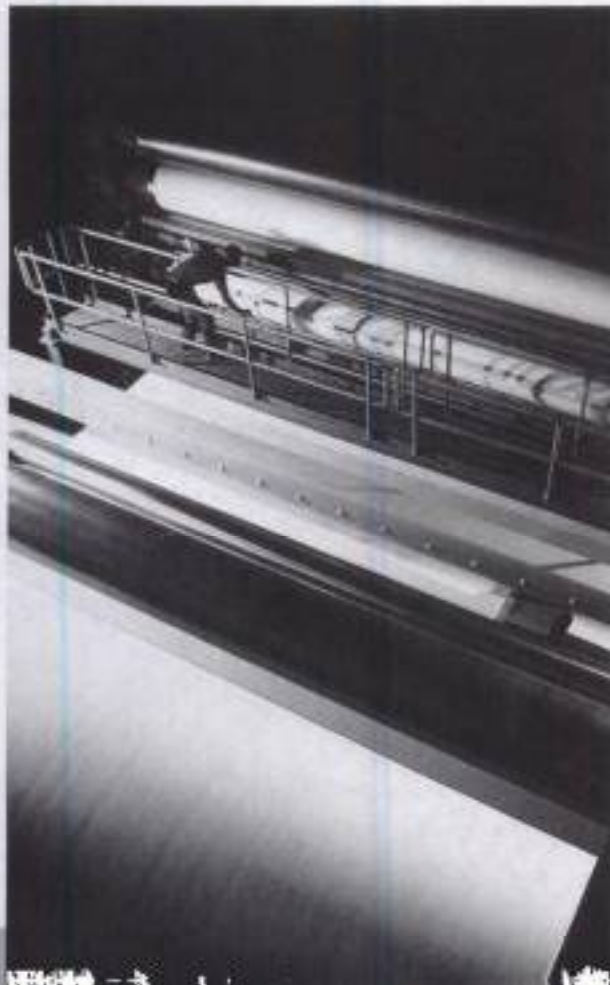


CAPÍTULO 4

DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS Y DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN: *OPERACIONES DE MANUFACTURA Y DE SERVICIO*



Introducción

Diseño y desarrollo de productos y servicios

- Fuentes de innovación de productos*
- Desarrollo de nuevos productos*
- Cómo introducir más rápidamente nuevos productos en el mercado*
- Cómo mejorar los diseños de productos existentes*
- Diseño para facilidad de la producción*
- Diseño para la calidad*
- Diseño y desarrollo de nuevos servicios*

Planeación y diseño de los procesos

Factores principales que afectan las decisiones de diseño de los procesos

- Naturaleza de la demanda de productos/servicios*
- Grado de integración vertical*
- Flexibilidad de la producción*
- Grado de automatización*
- Calidad del producto/servicio*

Tipos de diseños de procesos

- Enfocado al producto*
- Enfocado al proceso*
- Tecnología de grupo/manufactura celular*

Interrelaciones entre diseño del producto, diseño del proceso y política de inventarios

Diseño de procesos en los servicios

Decisión entre alternativas de procesamiento

- Tamaño de los lotes y diversidad de los productos*
- Necesidades de capital para los diseños de procesos*
- Análisis económico*
- Diagramas de ensamble*
- Diagramas de proceso*

Recorridos de plantas

- Una fábrica enfocada al producto: Safety Products Corporation, Richmond, Virginia*
- Una fábrica enfocada a los procesos: R. R. Donnelley & Sons, Willard, Ohio*
- Una Operación de servicio: Centro regional de distribución de Wal-Mart, New Braunfels, Texas*

Recopilación: Lo que hacen los productores de clase mundial

Preguntas de repaso y análisis

Tareas en Internet

Problemas

Casos

- Computer Products Corporation (CPC)*
- Infinity Printing Company*
- Airsoft Athletic Shoes Company*

Notas finales

Bibliografía seleccionada

ESTRATEGIAS DE LAS OPERACIONES QUE SERÁN GANADORAS EN EL SIGLO XXI

Para tener éxito más allá del año 2000, las empresas deben construir una infraestructura que les permita realizar lo siguiente:

1. Desarrollar y diseñar rápidamente productos innovadores de calidad superior y comprometerse a una política de mejora continua de los diseños existentes
2. Instaurar sistemas flexibles de producción capaces de producir con rapidez productos de calidad casi perfecta y bajo costo que se puedan modificar con prontitud para satisfacer las necesidades de los clientes.

El logro de estas metas requiere cambios fundamentales en la manera en que las empresas diseñan y desarrollan productos y procesos de producción. Aunque son costosas y muy tardadas, estas acciones prometen cambiar dramáticamente no sólo la apariencia de las organizaciones industriales, sino la manera en que actúan y se comportan.

De manera creciente, las empresas estadounidenses y otras extranjeras han reorganizado sus esfuerzos de diseño del producto y de desarrollo. Se ha dado más libertad y responsabilidad para ocuparse de la totalidad del esfuerzo de diseño y desarrollo a equipos de trabajo autónomos, formados por ingenieros de investigaciones y desarrollo y por personal de comercialización, producción y finanzas. Utilizando la tecnología de diseño más moderna, estos equipos ahorran grandes cantidades de tiempo y dinero al llevar los productos al mercado.

Muchas empresas están a la cabeza en la instalación de sistemas de procesos de producción conocidos como sistemas de producción esbelta, que son más pequeños y compactos. Los trabajadores están organizados en equipos de trabajo y los componentes y herramientas se colocan cerca de donde se necesitan; las líneas de ensamble utilizan robots y otras máquinas automatizadas, dirigidas por computadoras; la producción y los pedidos de materiales se coordinan con la demanda de los clientes de una manera tan estricta que se requiere muy poco inventario. Los resultados pueden ser increíbles. Los pedidos de los clientes se embarcan con rapidez utilizando productos de calidad superior con muchos menos empleados y a costos muy inferiores.

Como el informe anterior indica, el diseño y desarrollo de productos y de procesos de producción son los elementos clave en las estrategias de éxito de la actual economía global. Empecemos nuestro estudio de estos importantes asuntos:

DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

En el capítulo 2 analizamos la importancia del diseño de los productos en la estrategia de las operaciones. Se hizo hincapié que cuando los productos se diseñan:

1. Se establecen las características detalladas de cada producto.
2. Las características del producto afectan directamente la manera en que se pueda producir el producto.
3. La manera en que se produce el producto determina el diseño del sistema de producción.

Además, *el diseño del producto afecta directamente su calidad, los costos de producción y la satisfacción del cliente. El diseño de productos y servicios es, por lo tanto, vital para el éxito en la actual competencia global.*

En este análisis de diseño del producto consideraremos sus fuentes de innovación, el desarrollo de nuevos productos y cómo introducirlos más rápidamente en el mercado, cómo mejorar el diseño de los productos existentes, el diseño de productos para su facilidad de producción, el diseño de productos para la calidad y el diseño y desarrollo de nuevos servicios.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 4.1

APPLIED RESEARCH OBTIENE RESULTADOS CON BUEN SONIDO

Los compresores son las antiestéticas entrañas de los sistemas de aire acondicionado, de los refrigeradores y de los sistemas de enfriamiento industrial. Dado que son esenciales pistones, cigüeñales y otras partes en movimiento, consumen electricidad al mismo tiempo que bombean el refrigerante a través de los tubos de refrigeración. Pero no será durante mucho tiempo, si Macro-Sonix Corp. de Richmond se sale con la suya. El presidente, Tim S. Lucas, ha inventado un compresor

ahorrador de energía que no requiere de ninguna parte móvil. Recientemente demostró un prototipo en una reunión de ingenieros acústicos en San Diego.

El secreto del compresor: ondas sonoras superpoderosas. La energía transmitida por medio del sonido se emplea en la soldadura ultrasónica para la fusión de plásticos. Más allá de cierta amplitud, sin embargo, la energía sonora se disipa en forma de ondas de choque. Lucas descubrió que podría impedir esta disipa-

ción al conformar con precisión las ondas sonoras dentro de recipientes especiales, llamados resonadores. Estos pueden generar ondas sonoras que almacenan 1,600 veces más energía que antes y crean presiones que llegan a 500 libras por pulgada cuadrada. "Es uno de los adelantos más emocionantes que nos hemos encontrado en acústica en los últimos años", asegura Gregory W. Swift, experto en acústica de Los Alamos National Laboratory.

Fuente: Gross, Neil. "Cool Air: A Sound Approach". *Business Week*, 15 de diciembre, 1997, 108. Reimpreso de la edición del 15 de diciembre de 1997, de *Business Week* con permiso especial, derechos registrados © 1997 por The McGraw-Hill Companies, Inc.

FUENTES DE INNOVACIÓN DE PRODUCTOS

Las ideas para nuevos productos y servicios pueden provenir de muchas fuentes: clientes, gerentes, comercialización, producción e ingeniería. Las grandes corporaciones tienen departamentos formales de investigación y desarrollo, aquí:

1. Toman lo que se puede aprender de la **investigación básica** (conocimientos científicos generales sin uso comercial).
2. Se ocupan de la **investigación aplicada** (conocimientos científicos específicos que pudieran tener utilización comercial).
3. Trabajan para el diseño y desarrollo de nuevos productos y servicios, así como de procesos de producción.

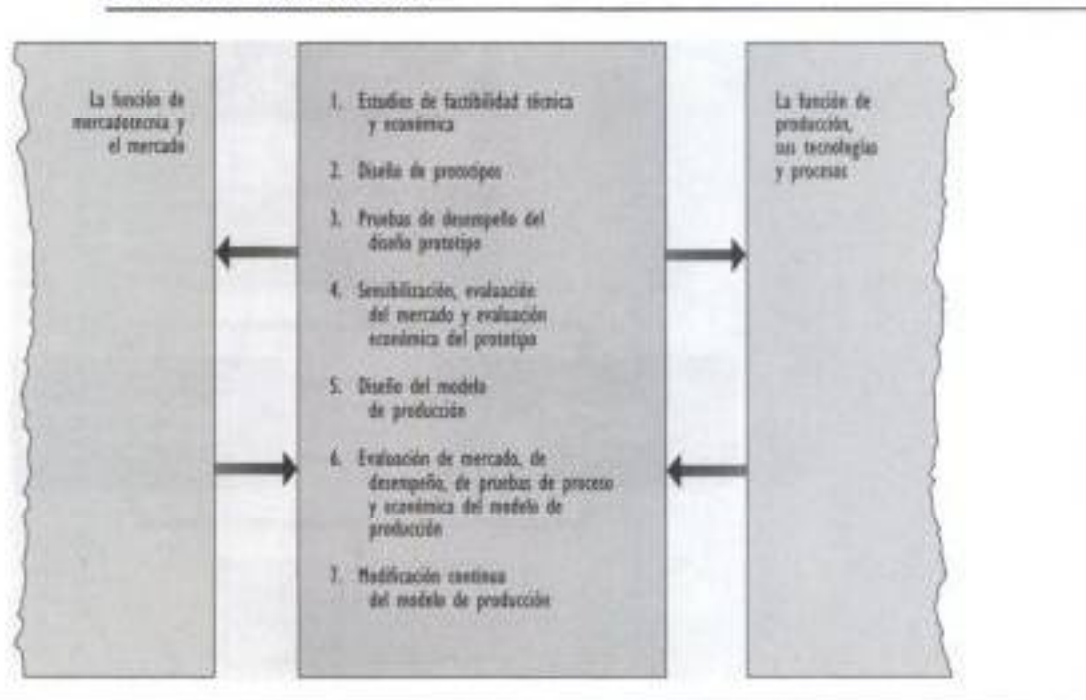
La Instantánea Industrial 4.1 ilustra los resultados de la investigación aplicada. La idea de producto resultante parece tener muchas aplicaciones comerciales potenciales. Ahora veamos más de cerca las actividades relacionadas con el desarrollo de nuevos productos.

DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

La figura 4.1 muestra algunos de los pasos importantes en el diseño y desarrollo de nuevos productos. Una vez reconocida una oportunidad de nuevo producto, el **estudio de factibilidad técnica y económica** determina la conveniencia de establecer un proyecto para su desarrollo. Si el estudio de factibilidad inicial es favorable, los ingenieros preparan un **diseño de prototipo** inicial, que deberá exhibir la forma, ajuste y función básica del producto final, aunque no necesariamente sea idéntico al modelo de producción. Las pruebas de desempeño y el rediseño del prototipo continuarán hasta que el proceso de diseño-prueba-rediseño produzca un prototipo con un desempeño satisfactorio. A continuación, se hará la **detección y evaluación del mercado** mediante demostraciones a clientes potenciales, pruebas de mercado o encuestas de mercado. Si la respuesta al prototipo es favorable, se realiza una **evaluación económica del diseño del prototipo** para estimar el volumen de producción, los costos y las utilidades para el producto. De ser satisfactorio, el proyecto entrará en la fase de diseño de producción.

FIGURA 4.1

DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS



El **diseño de producción** evolucionará a través de las pruebas de desempeño, de los ensayos y pruebas de producción, de las pruebas de mercado y los estudios económicos. Tendrá que desplegar un bajo costo, una calidad confiable, un desempeño superior y la posibilidad de ser producido en las cantidades deseadas en el equipo de producción pretendido. Los diseños de producción se modifican continuamente para adaptarlo a las condiciones cambiantes del mercado y a los cambios en las tecnologías de producción y para permitir las mejoras en la manufactura.

Aproximadamente, 5% de todas las nuevas ideas de productos sobreviven a la producción y aproximadamente 1 de cada 10 productos tiene éxito. Lo mejor es cancelar pronto los proyectos de desarrollo de nuevos productos y servicios que no prometan, de tal forma que se pueda dirigir el esfuerzo humano y el dinero de desarrollo a proyectos más prometedores. Esto es más fácil de decir que de hacer, ya que los gerentes, ingenieros y comercializadores se involucran emocionalmente en sus proyectos y se resisten a eliminarlos. Este hecho justifica la necesidad de consejos gerenciales de revisión administrativos imparciales para las revisiones periódicas del avance o progreso de los proyectos de nuevos productos y servicios.

CÓMO INTRODUCIR MÁS RÁPIDAMENTE NUEVOS PRODUCTOS EN EL MERCADO

Para tener éxito en la competencia global, las empresas deben diseñar, desarrollar e introducir productos con mayor rapidez. Un procedimiento para acelerar el diseño e introducción de nuevos productos es utilizando los equipos autónomos de diseño y desarrollo. En empresas como General Motors, IBM, Xerox, Motorola, Chrysler, General Electric, Toyota, Nissan, Honda y AT&T, se ha dado a los equipos de diseño la responsabilidad de toma de decisiones y mayor libertad para diseñar e introducir productos nuevos. Los resultados han sido dramáticos. El tiempo requerido para tener los productos nuevos diseñados, desarrollados e introducidos en el mercado se ha recortado y se han ahorrado enormes sumas de dinero. La fuente de estos ahorros es que estos equipos no tienen que enfrentarse a los procedimientos burocráticos que normalmente se requieren para obtener las aprobaciones necesarias para todo, desde los detalles de diseño hasta políticas de precios y desembolsos de publicidad.¹

Otra herramienta para conseguir la meta de una más rápida introducción de nuevos productos es el uso de diseño y de manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM). Los ingenieros pueden

FIGURA 4.2

INGENIERÍA SIMULTÁNEA: DISEÑO DE PROCESOS Y DE PRODUCTOS/SERVICIOS



sentarse en sus estaciones de trabajo, generar muchas vistas de componentes y ensambles, girar las imágenes, amplificar las vistas y verificar la interferencia entre componentes. Los diseños se pueden almacenar en una base de datos, compararse con otros diseños y almacenarse para su uso en otros productos. Cuando llega el tiempo de la manufactura, la información de diseño de producto incluida en la base de datos se traduce a un lenguaje que comprende la maquinaria de producción. El sistema de producción entonces se puede ajustar automáticamente para operar sobre los nuevos productos.

Los diseños de producción, como los esquemas de diseño automatizado que se están analizando aquí, se modifican continuamente para incorporar avances tecnológicos de producción y para permitir las mejoras en la manufactura.



INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 4.2

LO QUE ESTÁN HACIENDO ALGUNAS EMPRESAS ESTADOUNIDENSES PARA INTRODUCIR PRODUCTOS NUEVOS MÁS RÁPIDAMENTE EN EL MERCADO

Los productos no parecen tener nada en común: una impresora láser de IBM, la película Ektar de Kodak, un barco Brunswick, y el teléfono tipo Dick Tracy de Motorola, pero todos comparten un nuevo rasgo: Los cuatro fueron puestos en el mercado en un tiempo récord. La impresora láser de IBM tomó dos años en comparación con tres y medio años de las impresoras IBM anteriores. Kodak utilizó 4 años para desarrollar Ektar, 14 menos que los que empleó para desarrollar Kodachrome en los años 70.

Compaq ha tomado la delantera en las computadoras personales al desarrollar sus máquinas en un periodo de seis a nueve meses, la mitad del tiempo que necesitan sus competidores. En las estaciones de trabajo, Sun Microsystems sacó del negocio a su competidor principal al llevar productos al mercado con mayor rapidez.

¿Cómo lo hacen estas empresas?

1. Forman equipos autónomos de desarrollo de nuevos productos.
2. Diseñan los nuevos productos utilizando software CAD/CAM. Los diseñadores de Chrysler crean un modelo de computadora en tres dimensiones en aproximadamente 10 segundos en comparación con las horas de bocetaje para la carrocería de un automóvil. Brunswick utiliza modelos de computadora para determinar la manera en que un barco hará frente al viento y a las olas, en lugar de utilizar modelos de madera en depósitos de agua. Motorola empleó el software para diseñar e introducir su teléfono celular de bolsillo MicroTac y ha vendido más de mil millones de dólares en estos diminutos aparatos, y ha ganado los más importantes premios de calidad en Japón. El software permitió a Motorola poner a MicroTac en el mercado con dos años de anticipación en comparación con la competencia. El software está en uso en Estados Unidos, Japón y Europa en empresas grandes como General Motors, Sony, BMW y Good-
3. Facilitan la ingeniería simultánea al combinar los centros de diseño con las plantas de manufactura, de tal forma que se puedan diseñar e incorporar los procesos de producción al mismo tiempo que se están diseñando los productos. Brunswick está combinando su fábrica de motores fuera de borda y su centro de diseño de producto.
4. No se vuelve a inventar la rueda. Compaq utiliza componentes disponibles siempre que es posible; se utilizan los mismos microcircuitos de computadora y unidades de disco en muchos modelos nuevos.

Fuente: "Firms Learn That Quick Development Means Big Profits." *USA Today*, 22 de noviembre, 1989, 10B; "Pushing Design to Dizzying Speed." *Business Week*, 21 de octubre, 1991, 64.

Tradicionalmente, el diseño de productos y de procesos de producción para fabricar dichos bienes habían sido dos actividades separadas. Las empresas recorrían todos los pasos del diseño de los productos y entonces estos diseños se *pasaban por encima de la barda* a las personas de producción para que ellos diseñaran sus procesos. Pero con este procedimiento tomaba demasiado tiempo introducir nuevos productos en el mercado. La figura 4.2 ilustra la idea de la **ingeniería simultánea** o **ingeniería concurrente**, lo que quiere decir que el diseño de los productos y servicios avanza de manera simultánea con el diseño de los procesos con una interacción continua. *El concepto de la ingeniería simultánea ha comprimido significativamente el ciclo de diseño, producción e introducción de nuevos productos.*

La Instantánea Industrial 4.2 ilustra la manera en que las empresas utilizan los equipos de nuevos productos, el CAD/CAM y la ingeniería simultánea para introducir productos más rápidamente en el mercado. La Instantánea Industrial 4.3 ilustra la forma en que Boeing utiliza la simulación por computadora para acelerar el proceso de desarrollo de producto.

Las actividades de producción, mercadotecnia, finanzas e ingeniería relacionadas con el diseño de productos y servicios son intensas cuando se desarrollan los nuevos productos/servicios. Con-

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 4.3

SIMULACIONES DE REALIDAD VIRTUAL EN EL PROCESO DE DISEÑO DE PRODUCTOS EN BOEING

Conforme el software sigue progresando, se están desarrollando simulaciones por computadora que pueden acelerar el proceso de diseño al asegurarse que muchos componentes y sistemas ajustarán bien entre sí dentro de un producto. Boeing utiliza una simulación por computadora que se puede considerar como una forma de realidad virtual para ayudar a los ingenieros de diseño a integrar muchos de los sistemas de componentes dentro de sus aeronaves. Por ejemplo, diferentes grupos de ingenieros diseñan

el sistema de tuberías de agua potable, los sistemas eléctricos y de circulación de aire de manera independiente, utilizando software CAD. El software de simulación lee todos los archivos CAD de los distintos sistemas y los integra o combina en tres dimensiones. Los ingenieros de Boeing pueden utilizar la simulación por computadora para realizar un paseo virtual con animación para ver el sistema de tuberías eléctrico y de circulación de aire del avión. La computadora simula una cámara de vídeo que recorre las tuberías

y los cables dentro del aeroplano. El usuario controla la velocidad y la dirección de esa cámara virtual conforme avanza.

La simulación permite a los diseñadores de un sistema verificar las interferencias del diseño entre la estructura del avión y con otros sistemas. El uso de los recorridos virtuales para verificar los problemas de diseño ha resultado en menos cambios de ingeniería, lo que a su vez acelera el proceso de desarrollo de producto y reduce los costos de diseño y de desarrollo.

forme los productos y servicios pasan a través de las últimas etapas de su ciclo de vida, estos esfuerzos se enfocan a la preocupación por mejorar los diseños de los productos existentes.

CÓMO MEJORAR LOS DISEÑOS DE PRODUCTOS EXISTENTES

Las empresas están asignando más y más esfuerzos a la modificación y mejora de los productos existentes. El propósito de este esfuerzo es mejorar el desempeño, la calidad y el costo con el objetivo de mantener o de mejorar la participación en el mercado de productos maduros. Pequeñas modificaciones pueden resultar de importancia; por ejemplo, en Toyota está en marcha un programa continuo para afinar los diseños de los productos para disminuir los costos de producción. Las piezas se diseñaron de tal forma que las calaveras traseras se pudieran conectar con un solo conector en vez de dos, con un ahorro de 42 centavos de dólar; el sujetador de plástico que ancla la tira intemperie de la carrocería se hizo más pequeña, para ahorrar un dólar cinco centavos; y se recubrió la parte inferior del automóvil sólo donde se requería con un ahorro de dos dólares. Este tipo de mejoras a menudo se conocen como **análisis de valor**. Al hacer énfasis en mejoras continuas en el diseño del producto, estos cambios continuos y pequeños, se acumulan en enormes mejoras a largo plazo en la calidad del producto y en costos de producción.

DISEÑO PARA FACILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

La calidad del producto, el costo de producción, la cantidad de proveedores y los niveles de inventario pueden resultar afectados por el diseño del producto. *El diseño de los productos para la facilidad de la producción es una pieza clave para que los fabricantes estadounidenses sean competitivos ante los extranjeros.*

Tres principios íntimamente relacionados con el diseño para la facilidad de la producción son: las especificaciones, la estandarización y la simplificación.

Una **especificación** es la descripción detallada de un material, componente o producto, incluyendo medidas tales como viscosidad, acabado superficial, pH y dimensiones físicas; estas especificaciones dan a los departamentos de producción información precisa sobre las características del producto a fabricar. El **sistema de partes intercambiables** de Eli Whitney requería que cada pieza de un rifle se manufacturara bajo **tolerancias** específicas. Las tolerancias se determinan como un máximo y un mínimo para la dimensión de un producto. Por ejemplo, un mínimo de 3.999 pulgadas y un máximo de 4.001 se podrían especificar como 4.000 ± 0.001 pulgadas. Las especificaciones, incluyendo las tolerancias, se requieren para permitir tanto la facilidad del ensamble como el

funcionamiento eficaz de los productos terminados. En términos generales, los componentes producidos con tolerancias más estrictas (desviaciones más pequeñas de la dimensión objetivo) se ajustarán mejor entre sí, pero su producción puede ser más cara si son más precisas y se requiere de un equipo más costoso o si se necesita de más tiempo de proceso para lograr la precisión deseada.

La **estandarización** se refiere a la actividad de diseño que reduce la diversidad en un grupo de productos o componentes. Por ejemplo, si un grupo de productos que tiene 20 modelos se rediseñara para que sólo tuviera 10, diríamos que el nuevo grupo es más estandarizado. La estandarización de los grupos de productos o componentes da por lo general un volumen más elevado de cada uno de los productos o modelo de componente, lo que puede resultar en costos menores de producción, mejor calidad del producto, mayor facilidad en la automatización y menor inversión en inventarios.

La **simplificación** del modelo de producto es la eliminación de características complejas de tal forma que se consigue la función pretendida pero con costos reducidos, mejor calidad o mayor satisfacción del cliente. Se puede incrementar la satisfacción del cliente haciendo más fácil de reconocer, comprar, instalar, mantener o utilizar el producto. Los costos se pueden reducir mediante un ensamble más sencillo, con operaciones eliminadas, materiales de reemplazo menos costosos y menos material desperdiciado como merma.

Los conceptos de especificaciones, tolerancias, estandarización y simplificación son importantes en el diseño de productos para la facilidad de la producción. De importancia particular es que los productos deben diseñarse para que puedan ser elaborados con maquinaria automatizada. Este tema se analizará con mayor profundidad en el capítulo 5, Tecnología de Producción.

DISEÑO PARA LA CALIDAD

Un elemento vital del diseño del producto es su impacto en la calidad. La manera en la que los clientes reciben los productos está determinada en gran parte por la forma en la que éstos incorporan la calidad en su diseño. *La incorporación de la calidad de los productos en sus diseños es el primer paso en la producción de productos de calidad superior.* La calidad está determinada por la percepción del cliente del grado de excelencia de las características de los productos o servicios.

Analizaremos los principios del diseño de producto para la calidad en el capítulo 17, Administración de la calidad.

DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS SERVICIOS

En el capítulo 2, analizamos las estrategias de posicionamiento para los servicios; el tipo de diseño del producto, según pedido o estándar; la clase de diseño del proceso, enfocado al producto o al proceso y la cantidad de contacto con el cliente, elevada o baja. Para este momento ya debe ser evidente que clasificar los diseños de servicio en clases simples y claras no es fácil. Quizás lo más obvio sobre el diseño de los servicios es su diversidad, pero hay tres dimensiones generales en el diseño de los servicios:

1. **El grado de estandarización de un servicio.** ¿La naturaleza del servicio está delineada según el cliente o la clase de clientes, o la naturaleza del servicio es la misma para todos?
2. **El grado de contacto con el cliente al entregar el servicio.** ¿Existe un elevado nivel de contacto con el cliente, como en una boutique de ropa, o un bajo nivel de contacto de cliente, como en un restaurante de comida rápida?
3. **La mezcla de bienes físicos y servicios intangibles.** ¿Está la mezcla dominada por servicios intangibles, como en una universidad, o por bienes físicos, como en un traje a la medida?

La cantidad a incluir en un diseño de servicio de cada una de estas dimensiones proporciona ventajas y desventajas. Por ejemplo, servicios que pueden estandarizarse con un bajo grado de contacto con el cliente, por lo general resultan menos costosos y más rápidos de entregar, y pudieran ser más apropiados para las estrategias de algunos servicios. Por otra parte, los servicios a la medida con un alto grado de contacto con el cliente pudieran ser apropiados para las estrategias de otros servicios. Todas estas dimensiones se conjuntan como diseños de servicio al establecerse y la elec-

La planeación de los procesos a menudo involucra a ingenieros, como el que se muestra aquí diseñando en computadora el motor de un avión.



ción final de los diseños debe basarse en las deseadas prioridades competitivas de las estrategias empresariales empleadas como se ilustró en la figura 2.1 del capítulo 2.

Considere las dimensiones analizadas arriba en relación con los diseños de servicio: grado de estandarización, grado de contacto con el cliente y mezcla de bienes físicos con servicios intangibles. Dada la naturaleza intangible de algunos servicios, es prácticamente imposible separar la consideración de la naturaleza del servicio y el proceso de producción para generar y entregar dicho servicio. Por ejemplo, el grado de contacto con el cliente dice tanto acerca del proceso de producción del servicio como sobre su naturaleza, algo claramente diferente entre el diseño de los servicios y de los productos. Analizaremos más sobre el diseño de los procesos de producción para los servicios posteriormente en este capítulo.

La forma en que se procede para desarrollar nuevos servicios es similar al desarrollo de nuevos productos, según se ilustró en la figura 4.1, pero existen algunas diferencias importantes. A menos que los servicios estén dominados por los bienes físicos, su desarrollo por lo general no requiere de la ingeniería, las pruebas y la elaboración de prototipos que requiere el diseño de productos. Dado que muchos negocios de servicios involucran intangibles, la prueba o ensayo de mercado tiende a efectuarse más por encuestas que por pruebas y demostraciones de mercado.

A continuación estudiaremos cómo planear y diseñar los procesos que deberán producir los productos y los servicios de las operaciones.

PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LOS PROCESOS

En el diseño de los procesos de producción, delineamos y describimos los procesos específicos que se utilizarán en la producción. La tabla 4.1 enlista algunos procesos comunes de producción. La planeación de los procesos es intensa para nuevos productos y servicios, pero también puede ocurrir una replaneación conforme cambian las necesidades de capacidad o se modifican las condiciones de la empresa o del mercado, o se encuentran disponibles máquinas técnicamente superiores. *El tipo de procesos de producción a seleccionar debe necesariamente seguir directamente de las estrategias de las operaciones analizadas en el capítulo 2.* El diseño de los productos y el diseño de los procesos de producción están interrelacionados. La figura 4.2 ilustra la idea de la ingeniería

TABLA 4.1

ALGUNOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Algunos procesos de maquinado de metales				
Ensamble	Fundición y moldeo	Corte	Formado	Acabado
Soldadura con aporte	Fundición: con molde, en arena,	Brochado	Trefilado	Sopleteado
Cementación	a la cera perdida	Barrenado	Extruido	Pulido
Sujeción	Moldec:	Esmerilado	Punzonado	Limpiado
Sujeción a presión	inyección,	Pulido	Laminado	Desbarbado
Ajuste térmico	partículas de metal,	Rectificado	Cortado	Tratamiento térmico
Soldadura	molde permanente	Conformado	Doblado	Pintura
Soldadura eléctrica		Torneado	Centrifugado	Pulido
Algunos procesos que no son de maquinado				
Productos químicos	Alimentos	Minería	Textiles	Madera
Fraccionar	Enlatado	Secado	Hilar	Descortezar
Cocinado	Cocinado	Triturar	Tejer	Curar
Curado	Triturado	Excavar	Pulir	Unir
Desilado	Congelado	Extraer	Encoger	Estufado
Evaporado	Pasteurizado	Cargar	Torcer	Cepillar
Molido	Prensado	Cernir	Lavar	Aserrar
Cernir	Esterilizado	Beneficiar	Entrelazar	Tornear

ría simultánea, que significa que el diseño de productos y servicios avanza al mismo tiempo que el diseño de los procesos con una interacción continua.

La figura 4.3 ilustra los elementos de la planeación y diseño de los procesos y sus insumos y resultados. Se utilizan conocimientos sobre las estrategias de las operaciones, diseños de productos y servicios, tecnologías del sistema de producción y los mercados para desarrollar un plan detallado para la producción de productos/servicios. Los resultados de estos estudios consisten en una determinación completa de los pasos de los procesos tecnológicos individuales que se utilizarán y las vinculaciones entre pasos; la selección del equipo, el diseño de los edificios y las instalaciones físicas; el personal requerido, sus niveles de habilidad y sus necesidades de supervisión.

Una vez completada la planeación del proceso, se ha fijado la estructura y carácter fundamental de la función de las operaciones. Esta importante actividad determina en gran medida los detalles en la manera como serán producidos los productos y servicios, y posiciona la producción para que pueda utilizarse por el negocio para capturar los mercados mundiales.

¿Quién efectúa la planeación de los procesos? Varios departamentos como ingeniería de manufactura, ingeniería de planta, ingeniería de herramientas, compras, ingeniería industrial, ingeniería de diseño y, naturalmente, producción, pudieran quedar involucrados. Los ingenieros quedan involucrados debido a la razón misma de la planeación de los procesos, que es inseparable de la tecnología de la producción. Por ejemplo, en la industria electrónica, términos como soldadura de flujo, autoinserción de componentes y baños ácidos para circuitos impresos forman parte del lenguaje cotidiano de la planeación de los procesos.

FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LAS DECISIONES DE DISEÑO DE LOS PROCESOS

La tabla 4.2 enlista los factores principales que afectan las decisiones de diseño de los procesos.

NATURALEZA DE LA DEMANDA DE PRODUCTOS/SERVICIOS

En primer término, los procesos de producción deben tener una capacidad adecuada para producir el volumen de los productos/servicios que desean los clientes deben tomarse las medidas necesarias para expandir o contraer la capacidad para hacer frente a las tendencias de ventas. Algunos ti-

FIGURA 4.3 EL SISTEMA DE PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LOS PROCESOS

INSUMOS	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LOS PROCESOS	RESULTADOS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Información sobre productos/servicios Demanda de productos/servicios Precios/volumenes Patrones Escala de la competencia Deseos/necesidades de los consumidores Características deseables del producto 2. Información del sistema de producción Disponibilidad de recursos Economía de la producción Tecnologías conocidas Tecnología que se puede adquirir Fuerzas predominantes Debilidades 3. Estrategia de las operaciones Estrategias de posicionamiento Áreas competitivas necesarias Estilos de las fábricas y de las instalaciones de servicio Agrupación de recursos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección del tipo de proceso Coordinado con las estrategias 2. Estudios de integración vertical Capacidad de los proveedores Decisiones de adquisiciones Decisiones de comprar o fabricar 3. Estudios de procesos/productos Pasos tecnológicos principales Pasos tecnológicos secundarios Simplificación del producto Estandarización del producto Diseño del producto para la facilidad de producción 4. Estudios de equipo Nivel de automatización Enlaces entre máquinas Selección de equipo Barramental 5. Estudios de procedimientos de producción Secuencia de la producción Especificación de materiales Necesidades del personal 6. Estudios de instalaciones Diseños de edificios Disposición física de las instalaciones 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procesos tecnológicos Diseño de procesos específicos Enlaces entre procesos 2. Instalaciones Diseños de edificios Disposición física de las instalaciones Selección de equipo 3. Estimaciones de personal Necesidades de niveles de habilidades Números de empleados Necesidades de capacitación o de recapacitación Necesidades de supervisión

TABLA 4.2 FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LA ELECCIÓN DE LOS DISEÑOS DE LOS PROCESOS

1. Naturaleza de la demanda de productos/servicios: patrones de la demanda y las relaciones precio-volumen
2. Grado de integración vertical: integración hacia adelante o hacia atrás
3. Flexibilidad de la producción: flexibilidad del producto y de los volúmenes
4. Grado de automatización
5. Calidad del producto

pos de procesos se pueden expandir o contraer con mayor facilidad que otros, y la elección del tipo de proceso de producción quedará afectado por la demanda pronosticada de productos/servicios.

Los planes de negocios establecen los precios de los productos y servicios. Los precios afectan el volumen de ventas, el diseño del producto y la capacidad requerida de producción, así como sus costos; por lo tanto, la elección del precio y la selección del diseño de los procesos de producción deberá sincronizarse.

GRADO DE INTEGRACIÓN VERTICAL

Uno de los primeros problemas a resolver al desarrollar diseños de procesos de producción es determinar qué parte de la producción de productos/servicios deberá tener una empresa bajo su propio techo. La **integración vertical** es la porción de la cadena de producción y distribución, desde los proveedores de los componentes hasta la entrega de los productos/servicios a los clientes, que se reúnen bajo la propiedad de una empresa. El grado en el que una empresa decide estar integrada verticalmente determina cuántos procesos de producción deben planearse y diseñarse.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 4.4

ABASTECIMIENTO ESTRATÉGICO DEL EXTERIOR (OUTSOURCING): DE LA INTEGRACIÓN VERTICAL A LA INTEGRACIÓN VIRTUAL

El abastecimiento estratégico del exterior (outsourcing) está emergiendo como una de las herramientas de administración de crecimiento más rápido de la década. Tradicionalmente, el abastecimiento del exterior ayudaba a las empresas a reducir los costos, mejorar el enfoque empresarial y liberar a la gerencia de algunas de sus operaciones cotidianas, aunque sigue siendo así, ahora las empresas están utilizando el suministro del exterior para obtener flexibilidad a largo plazo, mejores prácticas de manera consistente y nuevas habilidades.

El abastecimiento estratégico del exterior le ofrece a los negocios maneras innovadoras de en-

trar o de crear en nuevos mercados con rapidez sin una inversión significativa por adelantado de recursos. Proporciona un entorno modular en el que es posible aumentar o disminuir el tamaño, dependiendo de fuerzas estacionales y de necesidades de producción.

Conforme se acelera la velocidad de cambio, pocas empresas pueden dar resultados excelentes en todos los frentes; tampoco pueden tener los recursos para estar comprometidas con la responsabilidad de construir y mantener una infraestructura para las partes esenciales de su negocio: aunque no sean las importantes, como son teléfonos, correo, cobranzas de crédito, redes o servi-

cios de ventanillas de ayuda. El abastecimiento de procesos no críticos permite a una empresa enfocarse mejor en lo que hace mejor, es decir, en sus procesos de negocios esenciales.

Enfrascados en este abastecimiento estratégico de suministros, las empresas líderes están navegando con éxito en los mares de la globalización, la llegada de tecnologías avanzadas de comunicaciones y de cómputo, y de una complejidad y de una hipercompetencia crecientes. También están utilizando tecnologías de comunicaciones y de redes para tener un enlace vital con sus proveedores y asociados, resultando en lo que pudiera llamarse una integración virtual.

Fuente: "Outsourcing: From Vertical to Virtual—The Race to Change." *Business Week*, 15 de diciembre, 1997, 72-76.

Debido a escasez tanto de capital como de capacidades de producción, las empresas pequeñas y los negocios que empiezan ordinariamente deciden tener un muy bajo grado de integración vertical. Al principio, y siempre que sea práctico y posible, la mayor parte de la producción deberá obtenerse de proveedores externos. De manera similar, la distribución de los productos se puede convenir con empresas de mensajería y de distribución. Conforme crecen los negocios y maduran los productos, sin embargo, más y más de la producción y distribución de los productos típicamente será devuelto a la empresa conforme ésta busca mejores formas de reducir los costos y de consolidar sus operaciones.

La decisión de si se deben fabricar los componentes (o dar los servicios) o comprarlos de los proveedores (productos proporcionados por el exterior) no es simple. Un problema es si el costo de la fabricación de los componentes es inferior a adquirirlos de los proveedores. Otros problemas también tienen importancia, como es la disponibilidad del capital de inversión para expandir la capacidad de producción, la capacidad tecnológica, y si es que los procesos de producción necesarios son de propiedad registrada.

Conforme finaliza el siglo XX, parecería existir una tendencia hacia el **abastecimiento estratégico del exterior** (outsourcing); que es la adquisición externa del proceso para el propósito primario de ser capaz de reaccionar con mayor rapidez a cambios en las demandas de los clientes, a las acciones de los competidores y a las nuevas tecnologías. La Instantánea Industrial 4.4 analiza el concepto del abastecimiento estratégico.

FLEXIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN

La flexibilidad de la producción significa poder ser capaz de responder con rapidez a las necesidades de los clientes y tiene dos vertientes: flexibilidad del producto y flexibilidad del volumen, ambas determinadas en gran parte al diseñar los procesos de producción. La **flexibilidad del producto** es la capacidad que tiene el sistema de producción para realizar con rapidez el cambio de producir un producto/servicio a producir otro. Se requiere la flexibilidad en el producto cuando las estrategias del negocio requieren muchos productos/servicios diseñados según pedido, con volúmenes relativamente pequeños o cuando nuevos productos deben introducirse con rapidez al mercado. En estos casos, los procesos de producción deben diseñarse para incluir equipo de uso general y empleados

con capacitación cruzada que puedan trasladarse con facilidad de un producto/servicio a otro. También, nuevas formas de automatización flexible permiten una gran flexibilidad en los productos.

Flexibilidad en los volúmenes es la capacidad de aumentar o reducir rápidamente los volúmenes de productos/servicios producidos. Se requiere flexibilidad en los volúmenes cuando la demanda está sujeta a picos y valles o cuando resulta poco práctico poner en inventario anticipándose a la demanda de los clientes. En estos casos, los procesos de producción deben diseñarse con capacidades de producción que se puedan expandir o contraer rápida y económicamente. Las operaciones de manufactura generalmente son **intensivas en el uso del capital**, lo que simplemente significa que el recurso predominante que se utiliza es el capital y no la mano de obra, por lo que, en la presencia de una demanda variable del producto, el equipo de bienes de capital en los procesos de producción deberá estar diseñado con capacidades de producción cercanas a los niveles pico de la demanda.

GRADO DE AUTOMATIZACIÓN

Un problema clave en el diseño de los procesos de producción es determinar cuánta automatización integrar en el sistema de producción. Dado que el equipo automatizado es muy costoso y resulta difícil administrar la integración de la automatización en operaciones existentes o en operaciones nuevas, no se deben tomar a la ligera los proyectos de automatización. La automatización puede reducir la mano de obra y los costos relacionados, pero en muchas aplicaciones, la enorme inversión requerida por los proyectos de automatización no se puede justificar sólo debido a ahorros en mano de obra. Cada vez más, son las metas de mejora de la calidad del producto y de la flexibilidad del producto lo que motiva a las empresas a efectuar enormes inversiones en proyectos de automatización. Igual que en los demás factores que afectan el diseño de los procesos de producción, el grado de automatización apropiada para la producción de un producto/servicio debe proceder de las estrategias de las operaciones de la empresa. Si estas estrategias requieren una elevada calidad del producto y una gran flexibilidad en el mismo, la automatización puede ser un elemento importante de la estrategia de las operaciones.

CALIDAD DEL PRODUCTO/SERVICIO

En el actual entorno competitivo, la calidad del producto se ha convertido en un arma importante en la batalla en busca de los mercados mundiales de productos producidos en masa. Antes, se creía que la única manera de producir productos de elevada calidad era elaborarlos en pequeñas cantidades por artesanos expertos que hacían trabajos manuales con mucho cuidado. Mercedes y Rolls Royce son ejemplos de automóviles que se produjeron utilizando este procedimiento. En tiempos recientes, muchos productos producidos en masa, como los automóviles Toyota de Japón, se consideran como de muy elevada calidad. La elección del diseño de los procesos de producción ciertamente queda afectado por la necesidad de una mayor calidad en el producto. En todos los pasos del diseño del proceso, la calidad del producto es un factor crucial en la mayoría de las decisiones de importancia. Para muchas empresas, el problema de cuánta calidad del producto se requiere está directamente relacionada con el grado de automatización integrado en los procesos de producción, dado que las máquinas automatizadas pueden producir productos de una uniformidad increíble.

Hemos analizado lo que es la planeación y el diseño de los procesos, cómo se logran y qué factores los afectan. Veamos ahora los tipos principales de diseños de proceso que encontraremos en la práctica.

TIPOS DE DISEÑOS DE PROCESOS

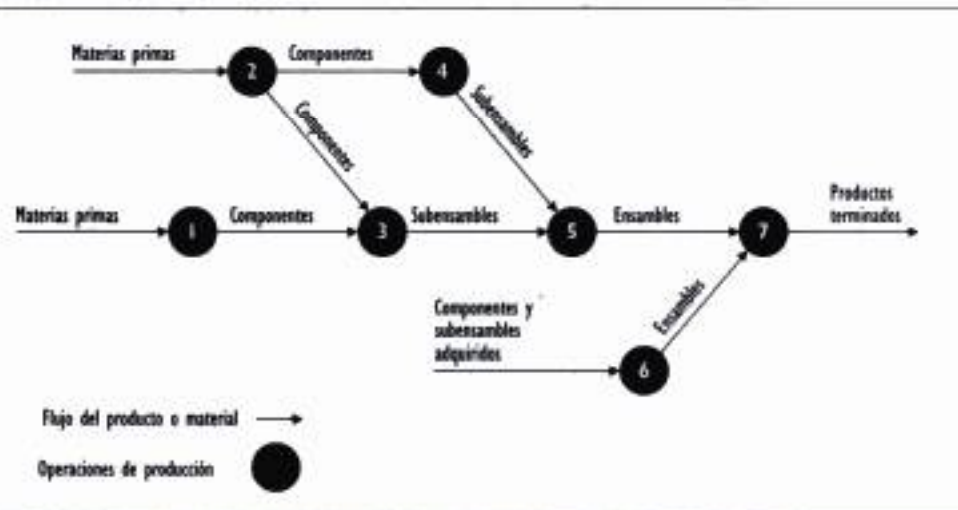
En las primeras etapas de la planeación de los procesos, debemos decidir el tipo básico de la organización de procesamiento de la producción que utilizaremos en la elaboración de cada producto principal. Lo tipos comunes de organizaciones de procesamiento de la producción son el enfocado al producto, el enfocado al proceso y la tecnología de grupo/manufactura celular.

ENFOCADO AL PRODUCTO

Se utiliza el término **enfocado al producto** para describir una forma de organización de procesamiento de la producción en la cual los departamentos de producción están organizados de acuer-

FIGURA 4.4

PRODUCCIÓN ENFOCADA AL PRODUCTO



do con el tipo de producto/servicio que se está elaborando. En otras palabras, todas las operaciones de producción requeridas para producir un producto o un servicio están por lo general agrupadas en un mismo departamento de producción.

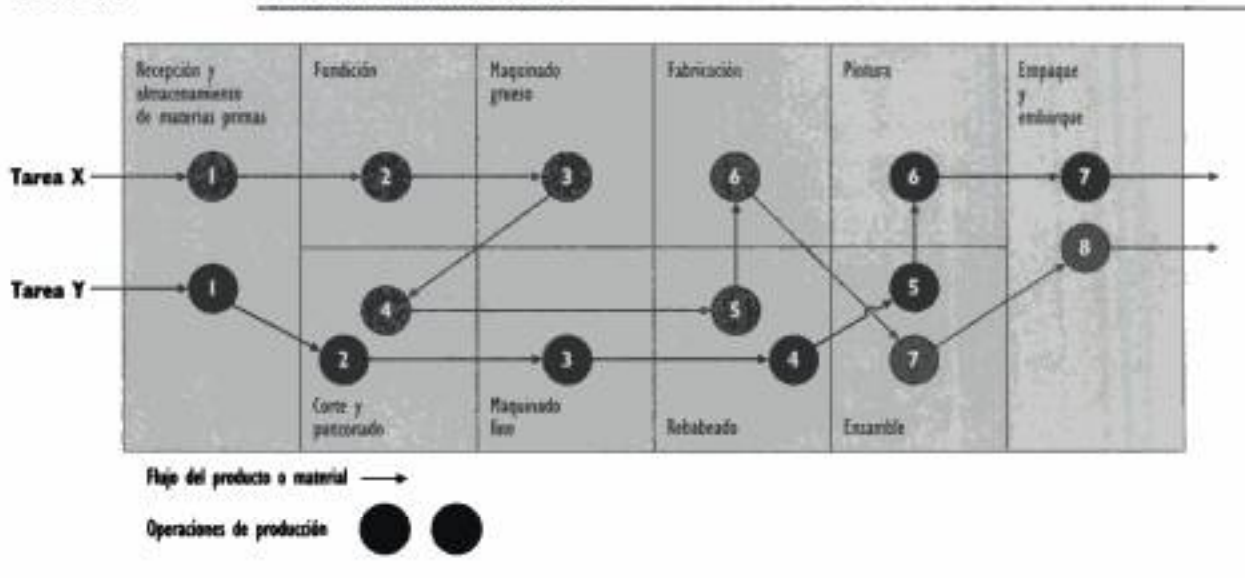
La producción enfocada al producto también se conoce en ocasiones como **línea de producción** o **producción continua**. Ambos términos describen la naturaleza de las trayectorias que siguen los productos a través de la producción. Los productos/servicios tienden a seguir trayectorias lineales directas sin regreso o sin movimientos laterales. En la producción continua, los productos/servicios tienden a avanzar a través de la producción sin detenerse. La figura 4.4 ilustra las trayectorias directas y continuas prácticamente lineales que siguen las materias primas, los componentes, los subensambles, los ensamblados y los productos terminados en la producción enfocada al producto de un producto.

La organización enfocada al producto es aplicable a dos formas generales de producción: manufactura de unidades discretas y manufactura de proceso. **La manufactura de unidades discretas** quiere decir que se producen productos distintos o separados, como son automóviles o lavavajillas. Este tipo de productos se fabrican en lotes, requiriendo que el sistema se cambie entre lotes para la elaboración de otro producto. O el sistema puede estar dedicado solamente a un producto, con la cual el sistema prácticamente nunca se modifica para otros productos. En la manufactura de unidades discretas, el término **enfocado al producto** se utiliza también a veces como sinónimo del término **línea de producción** o **línea de ensamble**, como en el caso de las plantas de ensamble automotrices.

En la **manufactura de procesos**, los flujos de materiales se mueven entre las operaciones de producción, como filtrado o cernido, molido, cocido, mezclado, separado, batido, fraccionado, fermentado, evaporado, reducido o destilado. Esta forma de producción es común en industrias de los alimentos, cervecera, química, refinerías de petróleo, petroquímica, plásticos, papel y cemento. Igual que en la manufactura de unidades discretas, la producción enfocada al producto en la manufactura de procesos también se puede llamar una **producción continua**. Se le llama producción continua porque los materiales tienden a moverse a través de la producción en una manera lineal, sin muchas detenciones y debido a que el término describe la naturaleza de los materiales, que son de naturaleza no discreta, es decir no tienen forma, como por ejemplo los líquidos y los polvos.

En comparación con otros tipos de producción, los sistemas enfocados al producto requieren por lo general niveles iniciales de inversión más elevados. Esta mayor inversión proviene de 1) el uso de equipo más costoso, de manejo de materiales en posición fija, como por ejemplo bandas transportadoras elevadas; 2) el uso de equipo que es especial para un producto/servicio en particular, como las máquinas soldadoras automáticas diseñadas y herramientadas especialmente para un producto específico. Adicionalmente, la flexibilidad en la producción de estos sistemas tiende a ser bastante baja porque ordinariamente son difíciles de modificar para uso en otros productos/servicios. Como compensación de estos inconvenientes están las ventajas de menores necesidades de

FIGURA 4.5 PRODUCCIÓN ENFOCADA AL PROCESO



mano de obra especializada, una menor capacitación de los trabajadores, menos supervisión y facilidad para planear y controlar la producción.

Este arreglo de equipos y personal era, hasta después de la Primera Guerra Mundial, 100% estadounidense. A partir de la Segunda Guerra Mundial, los sistemas enfocados al producto se han empleado en todos los países industrializados del mundo, principalmente porque ofrecen lo que la mayoría de los gerentes de operaciones desean, es decir, un elevado volumen de producción, bajos costos unitarios y facilidad para planear y controlar la producción.

ENFOCADO AL PROCESO

Se utiliza el término *enfocado al proceso* para describir una forma de producción en la cual las operaciones se agrupan según los tipos de procesos. En otras palabras, todas las operaciones de la producción que tengan procesos tecnológicos similares se engloban formando un departamento de producción. Por ejemplo, todas las operaciones de producción en una fábrica que involucren pintura se agrupan en una sola ubicación formando un departamento de pintura.

Los sistemas enfocados a los procesos a menudo se conocen como de **producción intermitente**, ya que ésta se desarrolla intermitentemente sobre los productos, esto es, con base arrancar-parar. Los sistemas enfocados a los procesos también se conocen comúnmente como **talleres de tareas** ya que los productos pasan de un departamento al siguiente en lotes (tareas) que en lo general han quedado determinados por los pedidos de los clientes. La figura 4.5 ilustra las rutas de dos productos hipotéticos a través de un taller de tareas.

Como podemos observar en la figura 4.5, en los talleres de tareas, los productos siguen trayectorias irregulares en zigzag, con paradas y arranques, detenciones temporales fuera de línea y retornos. En esta figura, la tarea X y la tarea Y representan dos diseños de productos claramente distintos. Debido a sus diferentes diseños, necesitan someterse a diferentes operaciones de producción y deben pasar por diversos departamentos de producción y en secuencias diferentes. Observe en la figura 4.5 que en ciertos puntos tanto la tarea X como la Y deben procesarse en el mismo departamento, por ejemplo, en el de ensamble. Supongamos que este departamento no tiene suficiente capacidad para trabajar en las dos tareas de manera simultánea, esto significa que una de las tareas deberá esperar turno. Esta es la naturaleza fundamental de los talleres de tareas. Las tareas ocupan la mayoría del tiempo *esperando* a ser procesados en los departamentos de producción.

Los sistemas de producción enfocados a los procesos incluye hospitales, talleres de reparación de automóviles, talleres mecánicos y plantas de manufactura. La ventaja principal de estos sistemas es su flexibilidad respecto a productos, es decir, la capacidad que tienen de producir lotes pequeños de una amplia diversidad de productos diferentes. Adicionalmente, por lo general requieren de una inversión inicial más reducida ya que típicamente utilizan equipo para uso general y equipo móvil para el manejo de materiales, que suele ser menos costoso. Sin embargo, estos sistemas sí requieren de mayores habilidades de los empleados, más capacitación para ellos, más supervisión, supervisión técnicamente más capacitada, y una planeación y un control de la producción más complejos.

Los sistemas enfocados al producto y los enfocados al proceso representan dos procedimientos tradicionales para organizar la producción. En la práctica también se encuentran combinaciones e híbridos de estos dos métodos.

TECNOLOGÍA DE GRUPO/MANUFACTURA CELULAR

La **tecnología de grupo/manufactura celular (GT/CM)**, por sus siglas en inglés) es una forma de producción que sólo recientemente se ha adoptado en Estados Unidos. Se empleó por primera vez en la Unión Soviética a fines de los años 40 por Mitrofanov y Sokolovskii.³ A partir del final de la Segunda Guerra Mundial, se ha estudiado y aplicado en la mayor parte de Europa oriental y occidental, así como en India, Hong Kong, Japón y Estados Unidos. La mayoría de las aplicaciones de esta forma de producción han ocurrido en la industria metalmeccánica.

La manufactura celular es un subconjunto de un concepto más general de *tecnología de grupo*, en la que se desarrolla un sistema de codificación para los componentes que se fabrican en una planta. Cada componente recibe un código multidígito que describe sus características físicas. Por ejemplo, digamos que un componente es cilíndrico, de seis pulgadas de largo, una pulgada de diámetro, y está hecho de acero inoxidable. El código del componente incluiría estas características físicas. La figura 4.6 muestra un ejemplo de un código de tecnología de grupo para un componente de este tipo. Utilizando el sistema de codificación para componentes, las actividades de producción se simplifican de las formas siguientes:

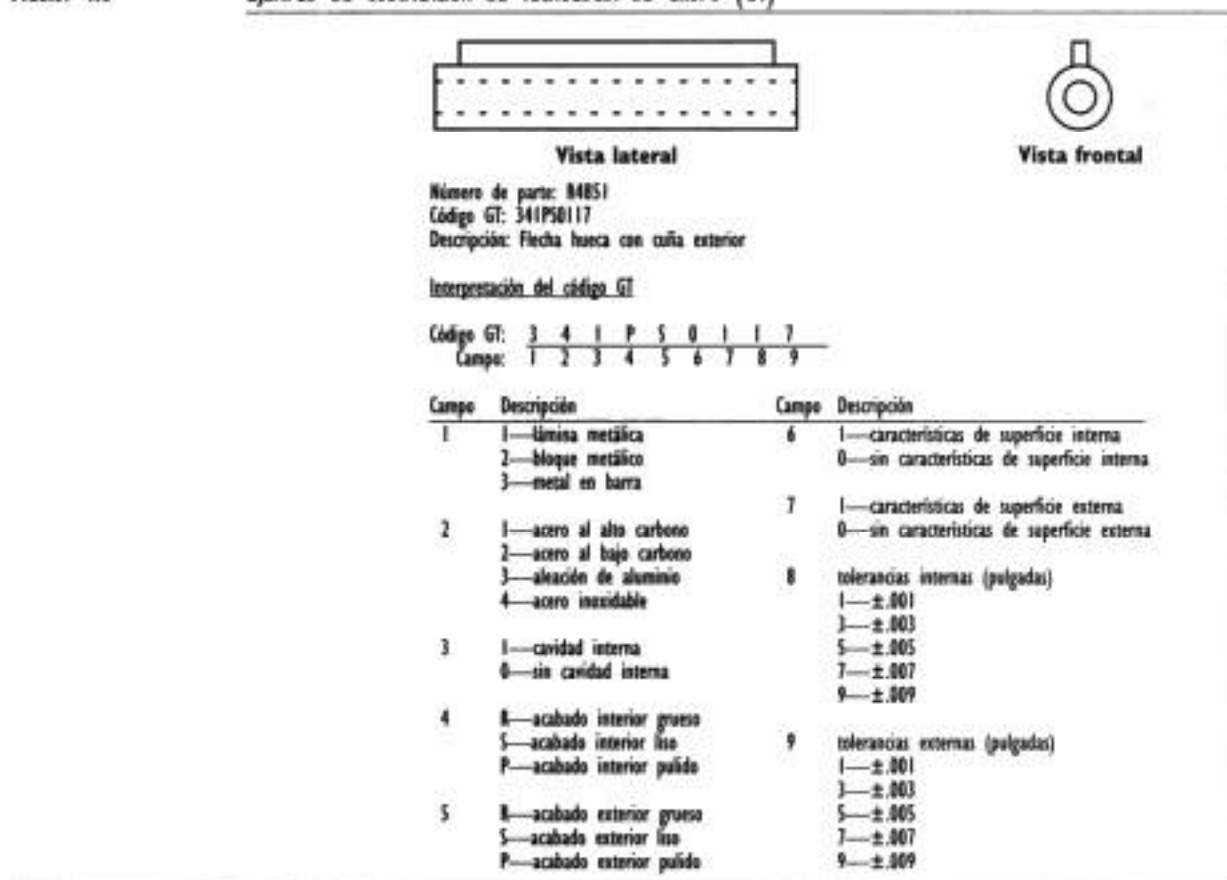
1. Resulta más fácil determinar cómo rutear los componentes a través de la producción ya que los pasos de producción requeridos para fabricar un componente son obvios partiendo de su código.
2. Es posible reducir el número de diseños de componentes gracias a la estandarización de piezas. Cuando se diseñan componentes nuevos, se puede consultar los códigos de componentes existentes para identificar piezas similares en la base de datos. Los diseños nuevos se pueden hacer igual a los existentes.
3. Componentes con características similares se pueden agrupar en **familias**. Dado que piezas con características parecidas se fabrican de manera similar, las piezas en una familia de componentes típicamente se fabrican en las mismas máquinas utilizando herramienta similar.
4. Algunas familias de componentes se pueden asignar a celdas de manufactura para su producción, por lo general una familia por celda. La organización del piso de la planta en celdas se conoce como **manufactura celular**.

En los talleres de tareas de maquinado metalmeccánico, los componentes se fabrican en equipos como tornos, fresas, taladros y rectificadoras o esmeriles. Los talleres fabrican una amplia variedad de diseños de componentes producidos infrecuentemente y en lotes reducidos. Mediante la tecnología de grupos, algunos diseños de componentes se estandarizan cada vez más, lo que tiende a incrementar el tamaño de los lotes y obliga a que se fabriquen más a menudo. Las familias de componentes con piezas que necesitan fabricarse con mayor frecuencia en lotes de tamaño moderado se convierten en candidatos para la manufactura celular.

La figura 4.7 ilustra la manera en que pudiera crearse una celda de producción dentro de un taller de tareas. En este ejemplo, los componentes en una familia de componentes requieren los siguientes pasos de producción: corte en una sierra, torneado, esmerilado, taladrado, fresado y desbarbado. De cada departamento de proceso en el taller se toma una máquina de cada tipo y se traslada a un espacio en el taller para crear una celda. Las máquinas con las líneas punteadas en la figura 4.7 (Sierra 2, Torno 3, Esmeril 3, Taladro 1, Fresa 1, Rebabeadora 3) son las que se toman para crear la celda. Las máquinas en una celda a menudo se organizan en U como se muestra en la parte inferior de la figura, de manera que las piezas de la familia de componentes puedan fluir eficientemente a través de la cel-

FIGURA 4.6

EJEMPLO DE CODIFICACIÓN DE TECNOLOGÍA DE GRUPO (GT)



da. Se puede observar claramente la forma en que se ha simplificado el flujo de componentes. En la figura de arriba, la línea punteada muestra el flujo anterior de estas piezas a través del taller; en la figura de abajo, la línea sólida muestra el nuevo flujo a través de la celda. El resto del taller conserva la flexibilidad para seguir produciendo una amplia diversidad de diseños de componentes.

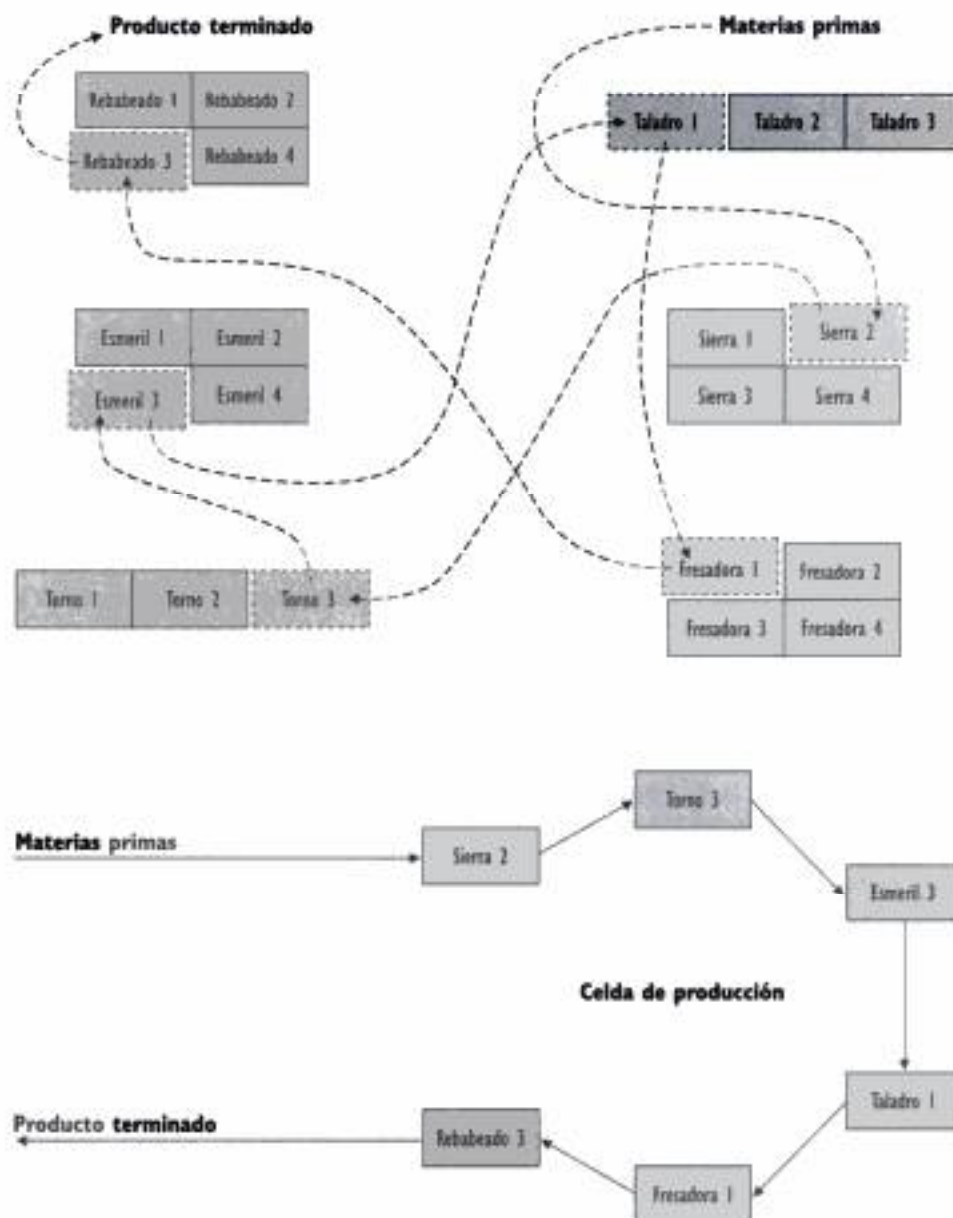
Las islas de manufactura celular se distinguen del taller de tareas que las circundan por dos características clave: En el interior de las celdas existe un grado más elevado de similitud entre componentes y su flujo tiende a parecerse más al flujo en sistemas enfocados al producto.

Las ventajas que la manufactura celular proclama tener en comparación con otros talleres artesanos son numerosas.⁴ Dado que las piezas dentro de una familia de componentes en una celda usan la misma maquinaria con herramienta similar y operaciones de producción similares:

1. Se simplifican los cambios de equipo entre lotes de componentes, reduciendo por lo tanto el costo de cambiar e incrementando la capacidad de producción.
2. Se reduce la variabilidad de tareas acortándose los periodos de capacitación de los trabajadores.
3. Hay más rutas directas a través de la producción, permitiendo una más rápida fabricación y embarque de los componentes.
4. Las piezas consumen menos tiempo en espera, reduciéndose los niveles de inventario en proceso.
5. Debido a que los componentes se fabrican en condiciones de una menor variabilidad de diseño por trabajadores más especialmente capacitados para su elaboración, se mejora el control de calidad.
6. Dado que las rutas a través de la producción son más cortas y directas, y debido a la consecuente reducción en los costos de manejo de materiales, se simplifican la planeación y el control de la producción.

FIGURA 4.7

MANUFACTURA CELULAR



7. Como resultado de una menor variedad en piezas y similitud del herramental y maquinaria en las celdas, resulta más simple la automatización de éstas. Por lo tanto, la formación de las celdas puede considerarse como un paso intermedio en la automatización de los sistemas tipo taller de tareas.

Como es de esperarse, GT/CM también tiene ciertas desventajas. Por ejemplo, pudiera resultar necesario conservar equipo duplicado para no tener la necesidad de transportar los componentes de una celda a otra. También, en vista de que no todas las piezas de un taller pueden fabricarse en celdas GT/CM, la producción de los componentes restantes pudiera no ser tan eficiente una vez instituidas las celdas GT/CM.

De acuerdo con lo que se dice de GT/CM, deberíamos estar viendo en el futuro más instancias de esta forma de producción, pero no todas los talleres de tareas se convertirán a GT/CM. Como analizaremos más adelante, sólo aquellos talleres que tengan un cierto grado de estandarización de componentes y tamaños de lotes moderados pueden ser candidatos para GT/CM.

INTERRELACIONES ENTRE DISEÑO DEL PRODUCTO, DISEÑO DEL PROCESO Y POLÍTICA DE INVENTARIOS

En el Capítulo 2 analizamos el concepto de la estrategia de posicionamiento para los fabricantes. El posicionamiento, como vimos anteriormente, exige que los gerentes seleccionen un tipo básico de diseño de producción, como por ejemplo enfocada al producto, enfocada al proceso o GT/CM. Sin embargo, para cada empresa también son importantes, entre las decisiones de posicionamiento, dos decisiones interrelacionadas:

1. Determinar el tipo de diseño del producto: a la medida o estándar.
2. Decidir la política de inventarios de productos terminados: producir para existencias o producir según pedido.

Claramente, ambas opciones están íntimamente relacionadas porque decidir entre diseños a la medida o estándar necesariamente afectará el tipo de política de inventarios de productos terminados que es práctica o posible.

Por lo general, los diseños de productos estándar están relacionados con sistemas de inventarios de productos terminados de producción para existencias. Observe la figura 4.8 y vea si puede reconocer por qué. Esta figura ilustra los procedimientos que comúnmente se siguen en los sistemas de inventarios de productos terminados de producción para existencia. Los pedidos de los clientes y los pronósticos de ventas dan a los departamentos de control de inventarios estimaciones de la demanda de cada producto en particular para las semanas y los meses futuros. Después de consultar los registros de existencias para determinar los niveles de inventarios de productos terminados, se puede calcular si se requerirá producir algunos bienes. De lo contrario, los pedidos de los clientes pueden surtir y embarcarse directamente de las existencias disponibles en el almacén de productos terminados. Si hay alguna posibilidad de que se presenten faltantes en el inventario, se crea una orden de producción. Las materias primas, componentes, subensambles y ensambles se piden a los proveedores y se programa la orden para su producción. Una vez recibidos los materiales de los proveedores y producida la orden, se envía al almacén de productos terminados. De este almacén se embarcan los pedidos a clientes.

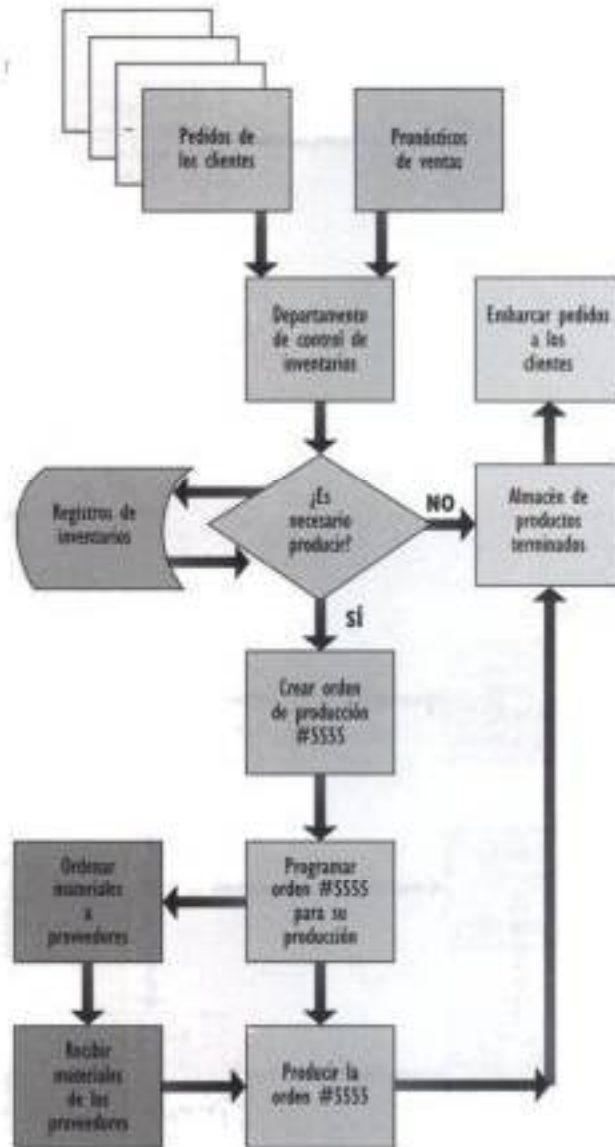
Si se escogen diseños estándar, resulta a la vez posible y práctico embarcar los pedidos de los clientes desde el inventario de productos terminados. Dado que los pocos diseños de productos estándar son bien conocidos, es posible producirlos y colocarlos en el almacén de productos terminados antes de recibir los pedidos de los clientes. También, en vista de que sólo se manejan unos cuantos diseños estándar de productos, cada uno de ellos con un volumen relativamente alto, resulta práctico almacenarlos y embarcar los pedidos de los clientes directamente del inventario de productos terminados.

Por lo general, los diseños de productos a la medida, están relacionados con sistemas de inventarios de productos terminados de producción sobre pedido. Observe la figura 4.9 y vea si puede decir por qué. Esta figura ilustra los procedimientos que normalmente se siguen en sistemas de inventarios de productos terminados de producción hechos a la medida. Los pedidos de los clientes se reciben en los departamentos de planeación y control de la producción. Una vez elaborado el pedido del cliente debe investigarse si existe un diseño de producto para este pedido; si anteriormente se han fabricado productos que cumplen las especificaciones del cliente, no será necesario diseñarlos. Lo mismo ocurrirá con los planes de proceso, es decir, las rutas de los productos a través del taller. El diseño de productos y el desarrollo de planes de procesamiento se conocen en los talleres de tareas como **planeación de preproducción**. Después de programar el pedido del cliente para su producción, de notificarle una fecha de entrega y de ordenar los materiales a los proveedores, el pedido se queda en **pedidos pendientes** hasta que se produce y embarca al cliente.

Como puede observar en la figura 4.9, por lo general la producción de productos terminados no se inicia hasta después de haber recibido el pedido del cliente, ya que éste también pudiera requerir los detalles del diseño del producto. Tampoco es raro diseñar el producto en su totalidad para un cliente después de recibir el pedido, si éste ha dado especificaciones de desempeño (una des-

FIGURA 4.8

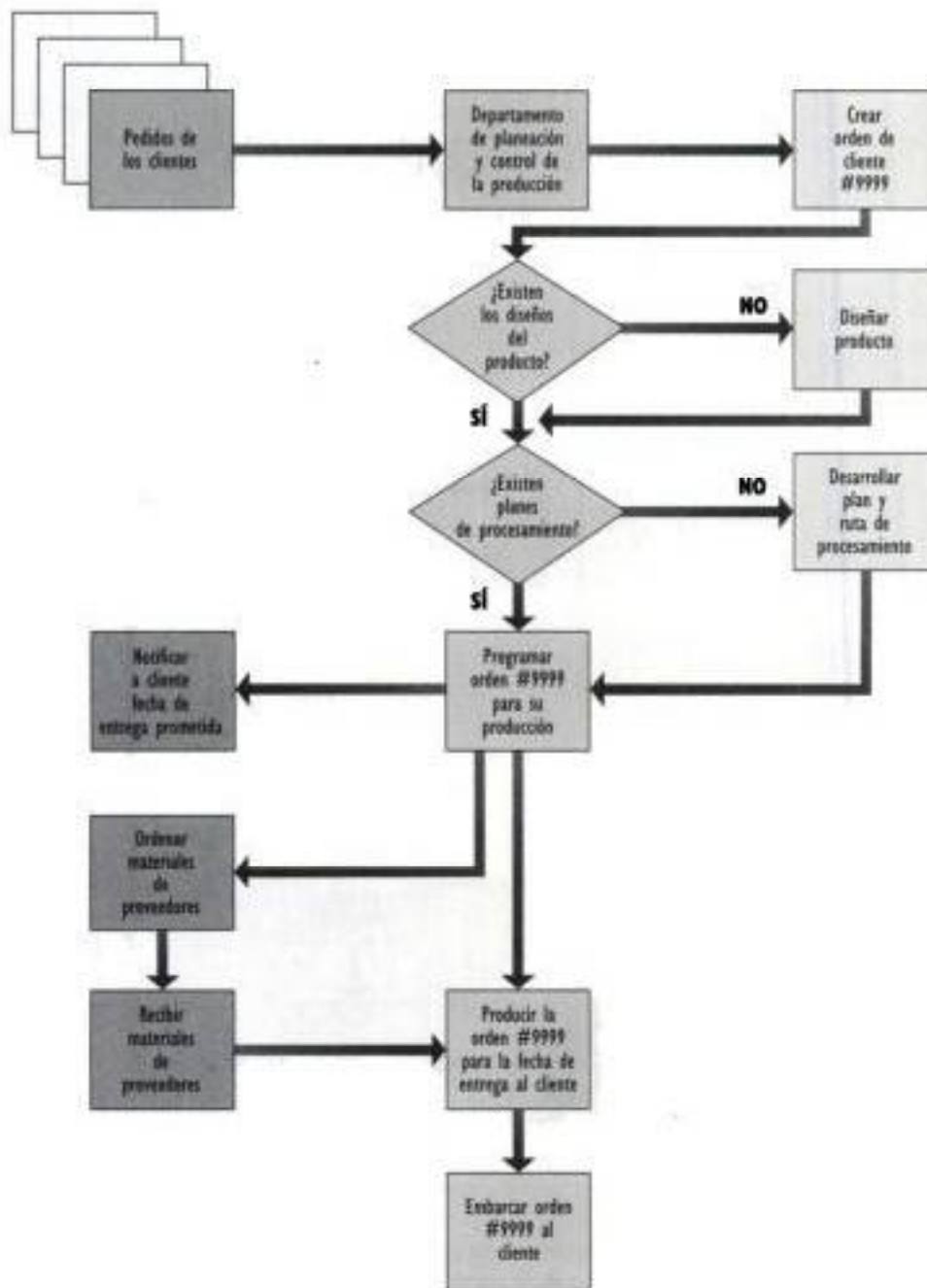
EL SISTEMA DE PRODUCIR PARA EXISTENCIA



cripción detallada de lo que debe hacer el producto). En estos casos, por lo tanto, no será posible producir los productos antes de la recepción del pedido del cliente. También, en razón al elevado número de diseños de productos, de la reducida demanda de cada uno de ellos y de lo infrecuente de la demanda de los mismos, pudiera ser impráctico almacenar productos en el inventario de productos terminados a la espera de los pedidos de los clientes.

No suponga que las empresas siguen únicamente una estrategia de posicionamiento pura. Consulte en la tabla 2.9 del Capítulo 2 la descripción de las estrategias de posicionamiento puras. En la práctica encontramos también estrategias de posicionamiento mixtas. Como un ejemplo de un sistema de producción sobre pedido enfocado a los productos, digamos que una empresa tiene unos cuantos diseños de producto básicos muy estandarizados, pero con opciones o accesorios que se pueden agregar para satisfacer a cada cliente en particular. Los componentes se pueden producir por anticipado y poner en el inventario antes de la recepción de los pedidos; entonces en el último

FIGURA 4.9 EL SISTEMA DE PRODUCIR SOBRE PEDIDO



minuto, los pedidos se pueden ensamblar siguiendo las especificaciones de los clientes. Algunos fabricantes de automóviles tienen esta modalidad de diseño de procesos y pueden ensamblar un automóvil siguiendo el pedido del cliente en una línea de ensamble. Como pone de manifiesto la Instantánea Industrial 4.5, Compaq Computer Corporation ha modificado el ensamble de sus compu-

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 4.5

COMPAQ AHORA PRODUCE SOBRE PEDIDO

Compaq Computer Corporation ha descartado sus largas líneas de ensamble y ahora arma sus computadoras en celdas de tres personas que ensamblan los aparatos para existencia. En esta disposición, el equipo de tres personas analiza el siguiente pedido de cliente en un monitor para ver los atributos de la máquina a ensamblar (accesorios, tipo de unidades de disco, etc.) y arma una computadora específicamente para ese cliente. En la celda de tres personas, una de ellas prepara todos los subensambles que forman

parte de una computadora; la segunda los instala en el bastidor de la máquina y la tercera efectúa todas las pruebas necesarias para asegurarse que los circuitos estén correctamente conectados. Con este método de producción, las partes y subensambles se llevan a inventario antes de recibir los pedidos de los clientes, pero los productos terminados no; el ensamble final sólo se hace después de haber recibido el pedido. Con ello Compaq puede hacer coincidir su producción con los pedidos de los clientes reduciendo el

costo de todos los pasos de la producción, inventarios, manejo, flete y productos no vendidos. La elección del sistema de producir sobre pedido también disminuye la dependencia de Compaq de los pronósticos del mercado. La empresa afirma que el volumen producido por cada empleado de una celda de tres personas aumentó 23% y la producción por pie cuadrado de superficie de planta de la fábrica se incrementó 16% en comparación con las líneas de ensamble de producción para existencias.

Fuente: "Compaq Storms the PC Heights from Its Factory Floor." The New York Times, 13 de noviembre de 1994, 1.

tadoras personales a un sistema de producción sobre pedido. Esta combinación ha resultado posible debido a la estandarización de componentes, la estandarización del diseño básico del producto y un excelente sistema de información y de comunicación.

Por otra parte, un fabricante de muebles pudiera usar el sistema de producción orientado al proceso, con el fin producir para existencia. En vista de la tecnología de la preparación de la madera, el lijado y preparación de las superficies, la pintura, tapicería y el empaque, estas operaciones son más compatibles con un sistema enfocado a los procesos. Pero en razón a los diseños estándar de los productos, se sigue una política de inventarios de productos terminados de producir para existencias de almacén.

DISEÑO DE PROCESOS EN LOS SERVICIOS

Como se vio antes, las dimensiones del diseño de los servicios son el grado de estandarización, el grado de contacto con el cliente y la mezcla de bienes físicos y de servicios intangibles. El diseño final de un servicio fijará cada una de estas dimensiones y será impulsado por la estrategia de negocio de la empresa. La estrategia de las operaciones que resulta de la estrategia de negocios también requiere de un plan para la producción de los servicios.

Gran parte del análisis sobre cómo diseñar procesos de producción para productos es también aplicable a la producción de servicios. Algunos de los factores de importancia para el diseño de procesos para productos también son importantes en los servicios y no se repetirán aquí. Nos referimos a la naturaleza de la demanda del cliente (tanto por lo que se refiere a su nivel como a su patrón), el grado de integración vertical, la flexibilidad en la producción, el grado de automatización y la calidad del servicio. En muchos servicios es de particular importancia tener flexibilidad en el volumen. La naturaleza fundamental de muchos servicios, como se puede ver en la tabla 2.8, genera la necesidad de flexibilidad en el volumen, es decir la capacidad de incrementar o reducir rápidamente la cantidad de productos producidos. Esta necesidad nace de la imposibilidad para muchos servicios de almacenar servicios terminados en anticipación a la demanda de los clientes. En el caso de algunos de ellos, esta imposibilidad requiere que los procesos de producción se diseñen para generar y entregar el servicio en cuanto el cliente lo demanda o, de lo contrario se perderán ventas.

Otra forma en la que el diseño de los procesos de producción para los servicios es semejante a los de productos, es que las técnicas utilizadas para decidir entre alternativas de procesamiento para los productos son también aplicables a los servicios. No obstante, los tipos de procesos de producción para los servicios son muy distintos a los de productos.

Para comprender mejor los procesos de producción para los servicios, ayuda pensar en términos de tres esquemas para producir y entregar servicios:

1. **Cuasimanufactura.** Un ejemplo de esta metodología se encuentra detrás de los puntos de venta de comida rápida como los de McDonald's. Una producción enfocada al producto o enfocada al proceso pudiera ser apropiada, dependiendo de la naturaleza de los bienes o servicios a producir. En este caso, los bienes físicos son los que dominan sobre los servicios intangibles, con poco contacto con el cliente. *La característica distintiva de este esquema es que la producción de bienes ocurre sobre una línea de producción con prácticamente ninguna participación del cliente en la producción.*
2. **Cliente como participante.** Ejemplos de este sistema son los cajeros automáticos, la venta al menudeo, las estaciones de gasolina de autoservicio y las barras de ensaladas. Los bienes físicos juegan un papel significativo en el servicio y los servicios pueden ser estandarizados o sobre pedido. *La característica distintiva de este esquema es el elevado grado de participación del cliente en el proceso de generación del servicio.*
3. **Cliente como producto.** Ejemplos de este procedimiento son las clínicas médicas y los salones de belleza. Estos esquemas proporcionan un servicio personalizado y un elevado grado de contacto con el cliente. *La característica distintiva de este método es que el servicio se da a través de una atención personal al cliente. Este esquema puede proporcionar una percepción de una elevada calidad.*

Al examinar estos tipos de procesos para la producción de los servicios, vemos que el grado de contacto con el cliente es fundamental para el diseño del proceso. En un extremo, los servicios de clientes como producto de las peluquerías, salones de belleza y clínicas médicas, el servicio se da de hecho en la persona misma del cliente quien se convierte en el centro focal del diseño de los procesos de producción. Cada elemento de equipo, capacitación del personal y edificios deberán diseñarse pensando en el cliente. También, deberá incluirse una atención cortés en un entorno cómodo y confortable para recibir, conservar, procesar y liberar a los clientes. En el otro extremo, los servicios de cuasimanufactura, como en las oficinas traseras de los bancos, donde no existe contacto con el cliente y esas operaciones pueden sujetarse a un alto grado de automatización para lograr un costo bajo y rapidez, sin importar las relaciones con el consumidor.

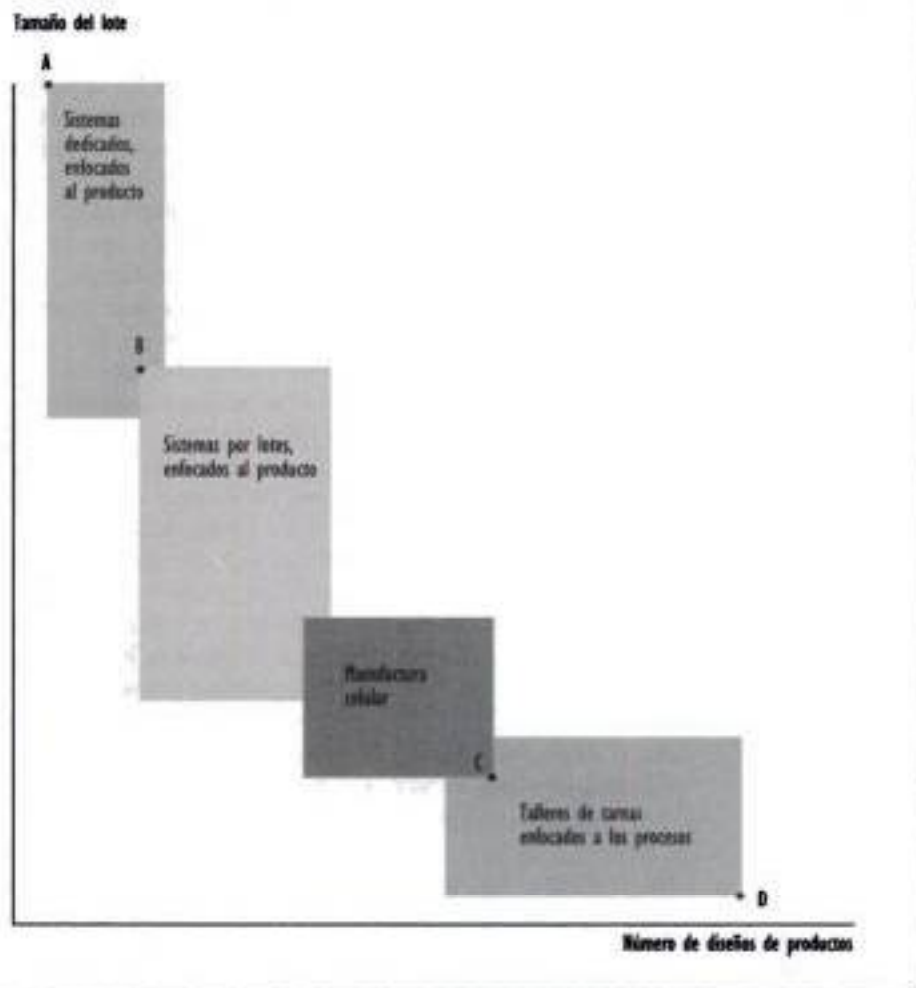
Los gerentes de operaciones de servicio tienden a dejar el diseño de los procesos de producción para los servicios en un nivel verbal y subjetivo. G. Lynn Shostack, vicepresidente senior a cargo del Grupo de Atención a Clientes en Bankers Trust Company, urge a los gerentes a que desarrollen un procedimiento más cuantificable y objetivo en el diseño de los procesos para servicios y sugiere los siguientes pasos:

1. *Identifique los procesos.* Desarrolle diagramas de flujo o diagramas que interconecten los pasos de producción dentro del sistema general de producción. Incluya los pasos que el cliente no ve, como la adquisición de suministros.
2. *Aísle los puntos de falla.* Una vez diagramado el proceso, determine los puntos de decisión donde pudiera fallar el sistema de producción. Incorpore pasos correctivos que eviten las consecuencias de posibles errores.
3. *Establezca un marco temporal.* Estime el tiempo requerido por cada paso del servicio. Estas estimaciones se convierten en los estándares contra los cuales se medirá el desempeño del sistema. Si se prestan los servicios utilizando más tiempo que los estándares, la productividad y la rentabilidad serán inferiores de lo esperado.
4. *Analice la rentabilidad.* Vigile continuamente la rentabilidad del servicio. Esta vigilancia hará que se evite la falta de rentabilidad, que se mida la productividad, que se mantenga uniformidad y que la calidad se controle.³

Procedimientos como éstos son necesarios para mejorar la competitividad de los servicios.

FIGURA 4.10

EL TIPO DE DISEÑO DE PROCESO DEPENDERÁ DE LA DIVERSIDAD DE LOS PRODUCTOS Y DEL TAMAÑO DE LOS LOTES



Otro concepto popularizado recientemente relacionado con el diseño de los procesos es la **reingeniería de los procesos**, que es la idea de modificar *drásticamente* un diseño de proceso existente, como si se estuviera diseñando desde cero sobre una hoja de papel en blanco, en vez de simplemente efectuar mejoras marginales sucesivas al proceso. Puesto que un proceso correctamente rediseñado debe ser más eficiente, a menudo el resultado de la reingeniería de los procesos es una reducción de la mano de obra.

Hasta ahora hemos analizado los diferentes tipos de diseño de los procesos, pero ¿cuáles son los criterios a seguir para decidir entre los distintos tipos de diseño?

DECISIÓN ENTRE ALTERNATIVAS DE PROCESAMIENTO

Al escoger un proceso de producción, deberán tomarse en consideración varios factores, entre los que podemos mencionar el tamaño de los lotes y la diversidad de los productos, las necesidades de capital y el análisis económico.

TAMAÑO DE LOS LOTES Y DIVERSIDAD DE LOS PRODUCTOS

La figura 4.10 muestra que el tipo de diseño de proceso que resulta apropiado dependerá de la cantidad de diseños de productos y del tamaño de los lotes a fabricar en un sistema de producción.

Conforme pasamos del punto A al punto D de la figura 4.10, aumenta el costo unitario de producción y la flexibilidad de los productos. En el punto A, sólo existe un producto con demanda muy elevada. En este caso extremo, resulta apropiada una organización enfocada al producto dedicada a éste. Los costos unitarios de producción son muy reducidos, pero este tipo de organización de la producción resulta altamente inflexible en razón a lo especializado del equipo para el producto y a la capacitación específica recibida por los empleados que hacen que no sea práctico cambiar a la producción de otros productos. Conforme aumenta la cantidad de productos diferentes y se reduce el tamaño de los lotes de los productos, llegado a determinado punto, digamos el punto B, resulta apropiado un sistema por lotes enfocado al producto. A pesar de que este sistema es relativamente inflexible, se capacita a los empleados para que cambien a la producción de otros productos y el equipo está diseñado para ello, aunque con ciertas dificultades.

En el otro extremo, el punto D representa la producción de muchos productos individualmente diferentes. En este caso, lo apropiado sería un taller de tareas produciendo bienes únicos en lotes de una sola unidad. Esta forma de producción es el máximo en flexibilidad de los productos. Conforme se reduce el número de productos y se incrementa el tamaño de los lotes a partir de este extremo, llegado a cierto punto, digamos al punto C, se hace más apropiada una manufactura celular para una cierta parte de la producción dentro de un taller de tareas.

Sería útil consultar la figura 2.3 del capítulo 2. En ella, se presentó el concepto de **ciclo de vida del proceso**. Dicho simplemente, los sistemas de producción tienden a pasar a través del ciclo de vida de los procesos. Existen dos principios fundamentales relacionados con los ciclos de vida de los procesos. Los ciclos de vida de los productos y los ciclos de vida de los procesos son interdependientes; uno afecta al otro. Los procesos de producción afectan los costos de producción, la calidad, la capacidad de producción, lo que a su vez afecta al volumen de productos que puedan venderse. De manera similar, el volumen de los productos que pueden venderse afecta al tipo de proceso de producción que es posible justificar.

Por lo tanto, *conforme se desarrollan estrategias de negocios para cada una de las líneas principales de productos, resulta un factor importante para la selección de diseño del proceso determinar el volumen de la demanda esperada para cada producto y la cantidad de modelos diferentes necesaria para que resulten atractivas para el mercado.* Otros factores también afectan esta decisión.

NECESIDADES DE CAPITAL PARA LOS DISEÑOS DE PROCESOS

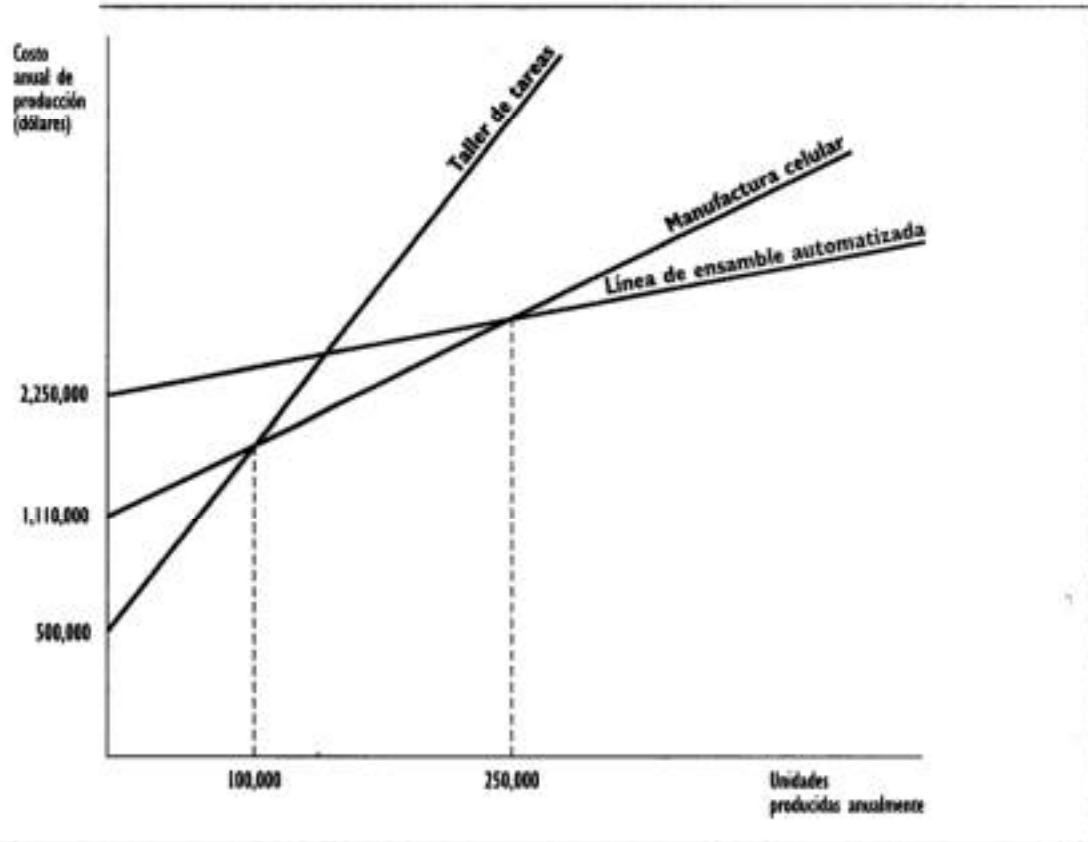
El monto de capital necesario para el sistema de producción tiende a ser distinto dependiendo del tipo de proceso de producción. En la figura 4.10, en general, el capital requerido es el máximo en el punto A y va disminuyendo conforme se va pasando hacia abajo a la derecha hacia el punto D. Para una empresa, el capital disponible y el costo del capital pudieran ser factores de importancia para la selección de un tipo de diseño de proceso y las estrategias empresariales tendrán que ser ajustadas de manera correspondiente.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Entre los factores a considerar al decidir sobre el tipo de organización de procesamiento de la producción, es importante el costo de producción de cada una de las alternativas. En esta sección analizaremos las funciones de costo de las alternativas de procesamiento, el concepto del apalancamiento operacional, el análisis de punto de equilibrio y el análisis financiero.

Funciones de costo de alternativas de producción Como dijimos antes, cada tipo de proceso tiene diferentes necesidades de capital. Por lo general, los costos de capital se presentan en forma de cargos fijos mensuales y que representan de alguna manera el costo que el capital tiene para la empresa. La figura 4.11 ilustra gráficamente que las diferentes formas de diseño de procesos para hacer un producto tienen distintas funciones de costo. Mientras más elevado sea el costo inicial del equipo, edificios y otros activos fijos, mayores serán los costos fijos. También, distintas formas de organizar la producción tienen costos variables diferentes, que cambian en función del volumen producido cada mes.

FIGURA 4.11 FUNCIONES DE COSTO DE ALTERNATIVAS DE PROCESAMIENTO



Como se puede ver en la figura 4.11, la alternativa de la línea de ensamble automatizada tiene costos fijos anuales de dos millones, 250 mil dólares. Se definen los costos fijos como los costos anuales incurridos cuando el volumen anual producido es igual a cero. Estos costos están relacionados con los enormemente costosos robots, los controles computarizados y el equipo de manejo de materiales que una línea de ensamble automatizada requiere. También, se puede observar en la figura 4.11, que los costos variables (mano de obra, materiales y gastos generales variables) correspondientes a la línea de ensamble automatizada son muy bajos comparados con los de las otras formas de diseño de los procesos, puesto que la pendiente (incremento conforme aumenta la producción) de su función de costo es muy plana. Ello quiere decir que los costos anuales no se incrementan con mucha rapidez al aumentar el volumen anual de la producción. La función de costo de un taller de tareas por lo común exhibe costos fijos muy reducidos y costos variables muy elevados. Los costos fijos y variables de la manufactura celular generalmente quedan en un punto intermedio entre los otros dos diseños de procesos.

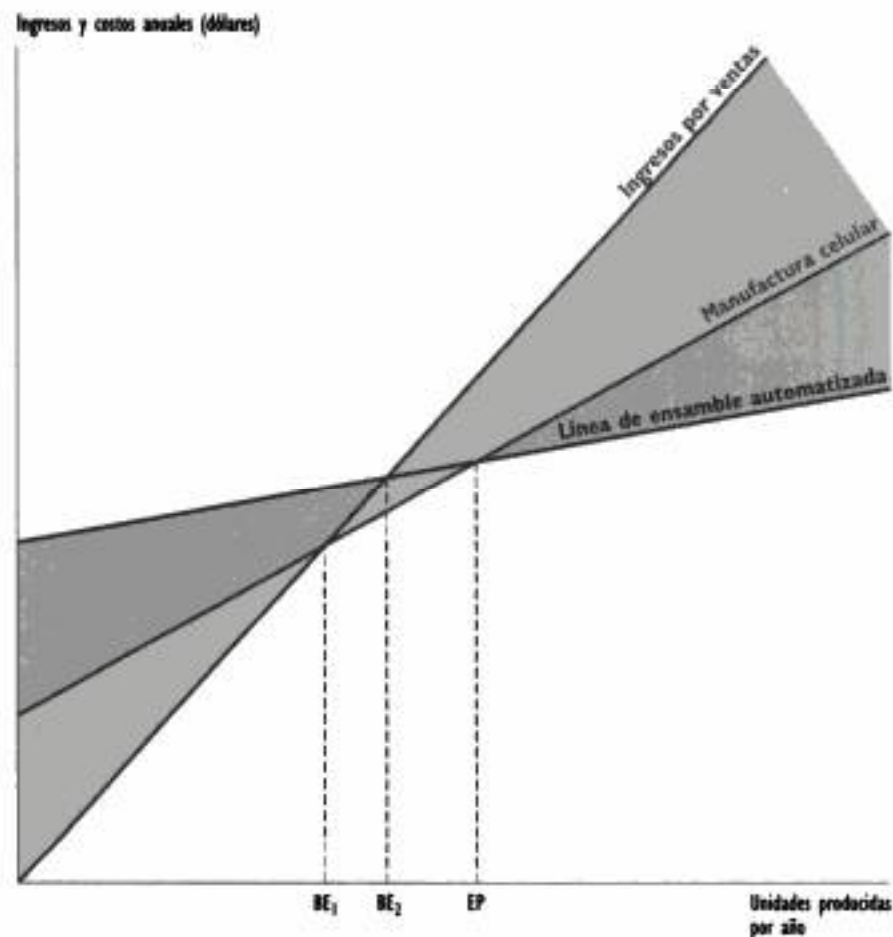
Una conclusión importante a sacar de la figura 4.11 es la siguiente: *Si la disponibilidad de capitales no es un factor limitante y lo importante son los costos de producción, el diseño de proceso preferido dependerá del volumen de producción del producto.* En el ejemplo de la figura 4.11, si el volumen anual de producción es inferior a 100 mil unidades, se preferiría un taller de tareas; si el volumen que se espera está entre 100 mil y 250 mil unidades, se deberá preferir la manufactura celular, y si la producción se espera va a exceder las 250 mil unidades, se preferirá una línea de ensamble automatizada.

Otro concepto importante relacionado con el análisis económico es el apalancamiento de operación.

Concepto del apalancamiento operacional Al examinar las funciones de costo de las alternativas de procesamiento, el principio del apalancamiento operacional presenta importantes implicaciones. *El apalancamiento operacional es una medida de la relación entre los costos anuales de una*

FIGURA 4.12

APALANCAMIENTO OPERACIONAL Y ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE PROCESOS



empresa y de sus ventas también anuales. Si un porcentaje sustancial de los costos totales de una empresa son costos fijos, entonces se dice que la empresa tiene un grado elevado de apalancamiento operacional. Un apalancamiento operacional elevado, sin modificar otros factores, implica que un pequeño cambio porcentual en las ventas darán como resultado un sustancial cambio porcentual en la utilidad operacional (diferencia entre ventas anuales y los costos anuales de producción).

La figura 4.12 ilustra el concepto del apalancamiento operacional. En el nivel de producción BE_1 , los costos anuales de producción de la manufactura celular son iguales a los ingresos anuales por ventas, es decir, el punto de equilibrio. Las áreas sombreadas a la derecha y a la izquierda de BE_1 representan utilidades a la derecha y pérdidas a la izquierda. El principio del apalancamiento operacional está relacionado con el ángulo que se forma entre las líneas de la función de costo y de los ingresos por ventas. Si el apalancamiento es pequeño y el ángulo por lo tanto también lo es, las utilidades aumentan con lentitud hacia la derecha del punto de equilibrio y las pérdidas aumentan lentamente hacia la izquierda del punto de equilibrio. Si el apalancamiento operacional es grande y el ángulo por lo tanto también grande, las utilidades y las pérdidas se incrementan con rapidez hacia la derecha o hacia la izquierda del punto de equilibrio, respectivamente.

Como también podrá notar de la figura 4.12, el apalancamiento operacional para el caso de las líneas de ensamble automatizadas están representadas por las áreas sombreadas a la derecha y la izquierda, respectivamente, del volumen BE_2 , que es el punto de equilibrio. El apalancamiento operacional para el proceso de la línea de ensamble automatizada es superior que el correspondiente a la manufactura celular, y tiene las siguientes implicaciones de importancia para la selección del diseño de los procesos:

TABLA 4.3

DEFINICIONES DE VARIABLES Y FÓRMULAS PARA EL ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO

p = precio de venta unitario	Q = unidades producidas y vendidas por periodo
v = costo variable unitario	P = utilidad antes de impuestos por periodo
FC = costo fijo total por periodo	TR = ingresos totales por periodo
TVC = costo variable total por periodo	TC = costo total por periodo
C = contribución por periodo	c = contribución unitaria
En el punto de equilibrio ($P = 0$)	
1. $TR = pQ$	8. $FC = pQ - vQ = Q(p - v)$
2. $c = p - v$	9. $Q = FC/(p - v)$
3. $C = Q(p - v) = TR - vQ = FC + P$	10. $TVC = TR - FC = pQ - FC$
4. $TC = FC + TVC$	11. $v = \frac{TR - FC}{Q} = \frac{pQ - FC}{Q} = p - \frac{FC}{Q}$
5. $TVC = vQ$	12. $TR = FC + TVC = FC + vQ$
6. $P = TR - TC = pQ - (FC + vQ)$	13. $p = (FC + vQ)/Q = FC/Q + v$
7. $Q = (P + FC)/(p - v)$	

1. Se pueden realizar utilidades mayores a largo plazo partiendo de procesos de producción con un apalancamiento operacional más elevado, una vez alcanzado un cierto volumen de producción (Punto EP de la fig. 4.12).
2. Se puede incurrir en pérdidas mayores a largo plazo de procesos de producción con un apalancamiento operacional más elevado, si el volumen de producción es inferior al punto de equilibrio (Punto BE₂ de la fig. 4.12).
3. Mientras mayor sea el apalancamiento operacional de un proceso de producción, mayor será la incertidumbre de utilidades futuras.
4. Mientras mayor sea la incertidumbre de los pronósticos de ventas, mayor será el riesgo de pérdidas si se usan procesos de producción con un elevado apalancamiento operacional.

El significado práctico de estas implicaciones es que en caso de que exista un elevado grado de incertidumbre en relación con el pronóstico de la cantidad de unidades a producir, se tenderá a preferir diseños de procesos con menores niveles de apalancamiento operacional.

Análisis de punto de equilibrio El análisis de punto de equilibrio se utiliza comúnmente como ayuda para la selección entre alternativas de procesos. A continuación, recorreremos un ejemplo para recordar los principios de punto de equilibrio y para demostrar cómo se puede utilizar el análisis de punto de equilibrio para comparar alternativas de procesamiento de la producción.

La tabla 4.3 contiene las definiciones de las variables y las fórmulas para un análisis de punto de equilibrio con base en líneas rectas. El ejemplo 4.1 compara las funciones de costo de tres alternativas de procesamiento de la producción.

EJEMPLO 4.1

ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO: SELECCIÓN DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN

Tres procesos de producción, automatizado (A), manufactura celular (C) y taller de tareas (J) tienen la siguiente estructura de costos:

Proceso	Costo fijo anual (dólares)	Costo variable unitario (dólares ¹)
A	110,000	2
C	80,000	4
J	75,000	5

- a. Para un volumen de 10 mil unidades anuales, ¿cuál es el proceso más económico?
 b. ¿A qué volumen se preferiría cada uno de los procesos?

SOLUCIÓN

- a. $TC = FC + v(Q)$
 $TC_A = FC_A + v_A(10,000) = 110,000\text{dls} + 2(10,000)\text{dls} = 130,000\text{dls}$
 $TC_C = FC_C + v_C(10,000) = 80,000\text{dls} + 4(10,000)\text{dls} = 120,000\text{dls}$
 $TC_J = FC_J + v_J(10,000) = 75,000\text{dls} + 5(10,000)\text{dls} = 125,000\text{dls}$

El proceso correspondiente a la producción en manufactura celular tiene el costo más bajo cuando $Q = 10,000$ unidades.

- b. $TC_J = TC_C$
 $FC_J + v_J(Q) = FC_C + v_C(Q)$
 $75,000\text{dls} + 5\text{dls}(Q) = 80,000\text{dls} + 4\text{dls}(Q)$
 $Q = 5,000$ unidades
 $TC_C = TC_A$
 $FC_C + v_C(Q) = FC_A + v_A(Q)$
 $80,000\text{dls} + 4\text{dls}(Q) = 110,000\text{dls} + 2\text{dls}(Q)$
 $2\text{dls}Q = 30,000\text{dls}$
 $Q = 15,000$ unidades

En un volumen anual en el rango de cero a cinco mil unidades deberá preferirse el proceso del taller de tareas, de cinco mil a 15 mil unidades anuales se escogería la manufactura celular y para producciones superiores a 15 mil o más unidades se preferiría el proceso automatizado. Existiría indiferencia entre el proceso de la manufactura celular y el proceso automatizado en las 15 mil unidades.

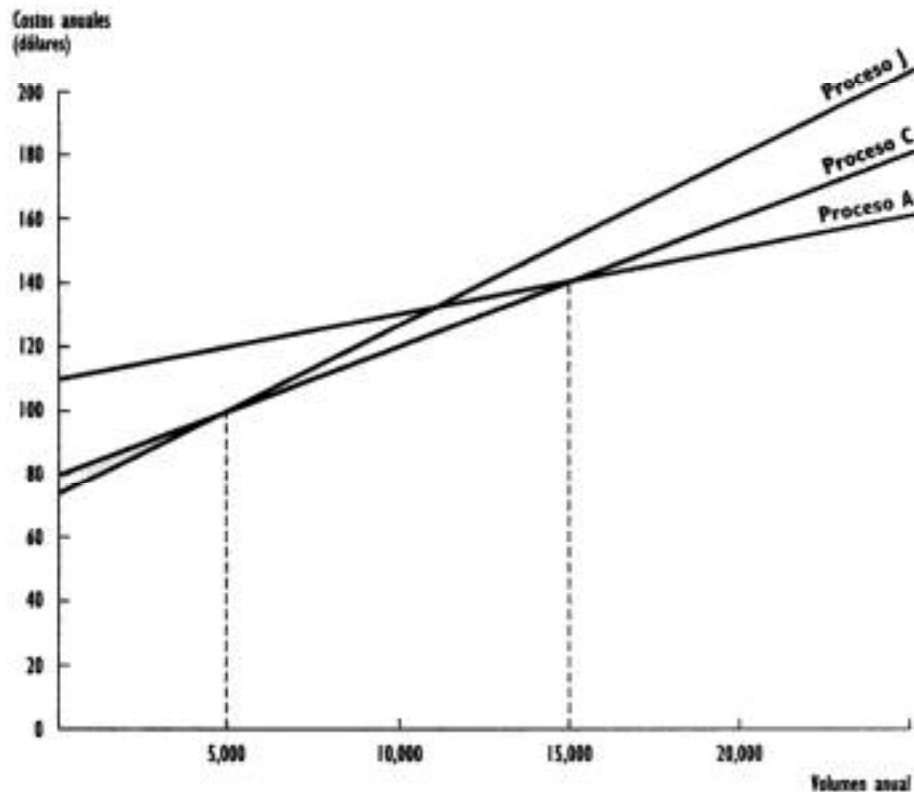
El análisis de punto de equilibrio es ampliamente utilizado para analizar y comparar alternativas de decisión. Ciertamente tiene, sin embargo, algunos puntos débiles, en comparación con otros métodos. Un punto débil importante es la incapacidad del método de tratar de manera directa con la incertidumbre. Todos los costos, volúmenes e información utilizada en esta técnica debe suponerse conocida con certeza. Otra desventaja de la herramienta es que supone que los costos se mantienen constantes para la totalidad del posible rango de volúmenes de producción. Además, el análisis de punto de equilibrio no toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

El análisis de punto de equilibrio puede desplegarse algebraicamente, como en el ejemplo 4.1, o gráficamente, como en la figura 4.13. En cualquiera de estas formas, los resultados se explican con facilidad. Ésta es una ventaja importante, ya que *los gerentes a menudo preferirán vivir con un problema que no pueden resolver que poner en práctica una solución que no comprenden.*

Análisis financiero Los grandes montos de efectivo que se deben invertir en las alternativas de procesamiento de la producción y el tiempo que se espera duren estos activos hacen del valor del dinero en el tiempo un concepto importante. El periodo de recuperación, el valor presente neto, la tasa interna de rendimiento y el índice de rentabilidad son métodos que se utilizan para analizar problemas de la administración de la producción y de las operaciones que involucren largos periodos. Aunque quedan fuera del alcance del curso, estas técnicas son herramientas valiosas para comparar alternativas de procesamiento.

FIGURA 4.13

ENFOQUE GRÁFICO DEL ANÁLISIS DE PUNTO DE EQUILIBRIO



DIAGRAMAS DE ENSAMBLE

Típicamente, los **diagramas de ensamble** se usan para dar una *macrovista* general de cómo se unen materiales y subensambles para formar un producto terminado. Estos diagramas enlistan todos los materiales y componentes principales, las operaciones de subensamble, las inspecciones y las operaciones de ensamble. La figura 4.14 es un diagrama de ensamble que muestra los principales pasos para el ensamble de una pequeña calculadora electrónica. Siga estos pasos y trate de visualizar las operaciones reales que se efectúan para producir este producto tan familiar.

Los diagramas de ensamble, que a veces se conocen como **diagramas de "gozinto"** (por las palabras en inglés, goes into "entra en") son ideales para una visión a ojo de pájaro del proceso para la producción de la mayor parte de los productos ensamblados. También resultan útiles para planear sistemas de producción para servicios cuando éstos involucran el procesamiento de bienes tangibles, como en restaurantes de comida rápida, tintorerías y centros de afinación rápida de automóviles.

DIAGRAMAS DE PROCESO

Los **diagramas de proceso** proporcionan un mayor detalle para quienes deben planear los procesos que los diagramas de ensamble. La figura 4.15 muestra los pasos que se requieren para el procesamiento de mil 500 libras de materiales preparados mediante una operación de mezclado. El diagrama incluye el análisis detallado de sólo una de las operaciones necesarias para producir aspirina en tabletas. Esta herramienta de planeación desglosa la operación de mezclado en 14 pasos elementales y los agrupa en cinco categorías: operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento. Queda registrada la frecuencia con la que cada una de las categorías ocurre, la distancia recorrida y la descripción y el tiempo de cada uno de los pasos. Una vez terminado el encabezado del diagrama, queda totalmente documentado el método de ejecución de esta operación de mezclado.

FIGURA 4.14 DIAGRAMA DE ENSAMBLE PARA LA CALCULADORA ELECTRÓNICA OK-20

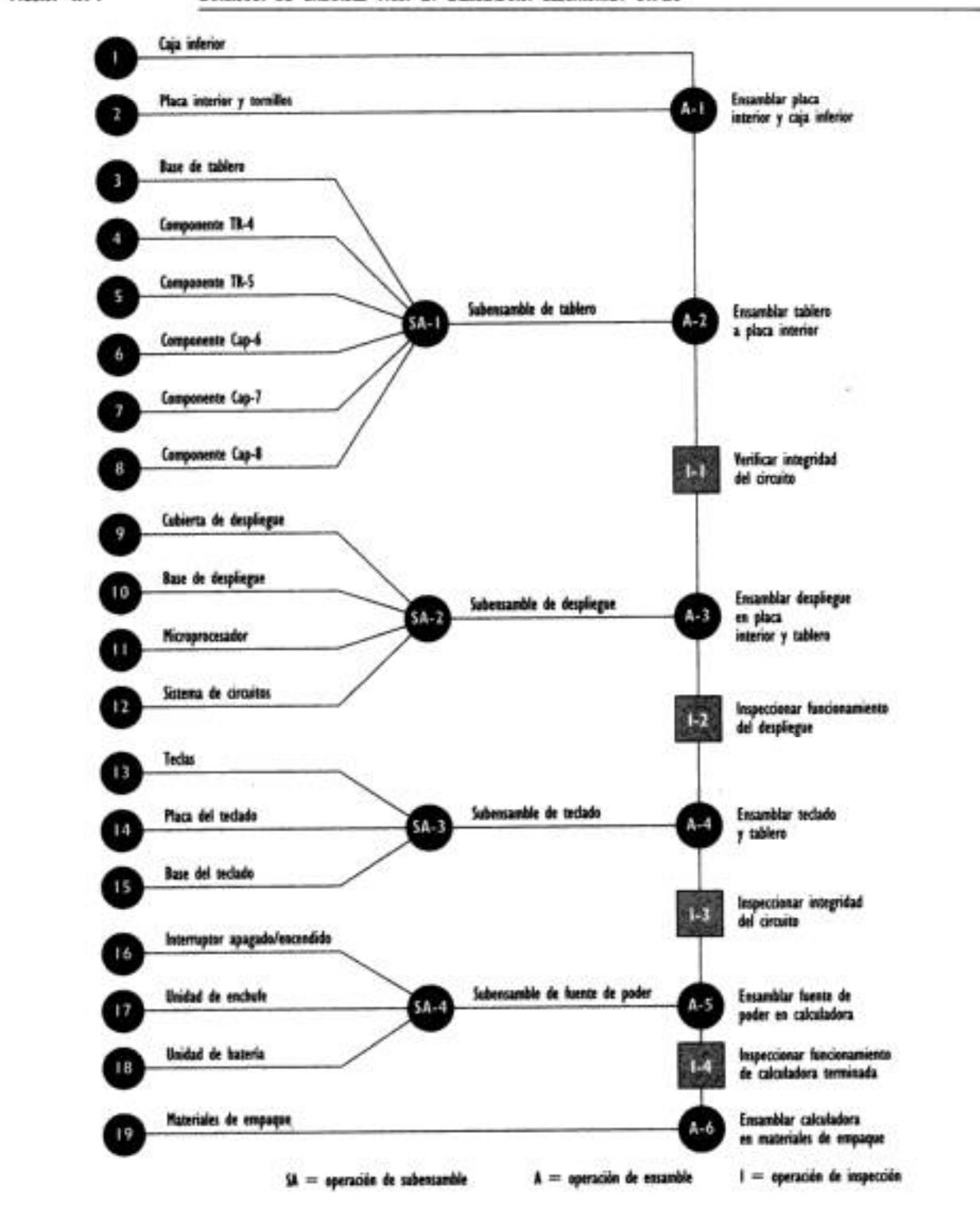


FIGURA 4.15 DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL MEZCLADO DE ASPIRINA

Operación <u>Mezclar materiales para aspirina</u> Producto <u>Aspirina Pronto (325)</u> Departamentos <u>Mezcla</u> Dibujo No. _____ Número de parte <u>42200</u> Cantidad <u>1,500 libras de mezcla</u> <u>para Aspirina Pronto (325)</u> Presente <u>X</u> Propuesto _____		Hoja <u>1</u> de <u>1</u> Hojas Diagramado por <u>B. Brown</u> Fecha <u>3-16</u> Aprobado por <u>M. Sharp</u> Fecha <u>3-17</u>		Resumen Operación <u>5</u> Transporte <u>5</u> Inspección <u>1</u> Demora <u>1</u> Almacenamiento <u>2</u> Distancia vertical _____ Distancia horizontal <u>212</u> Tiempo (horas) <u>1.041</u>	
Número	Distancia recorrida (pies)	Tiempo de operario (horas)	Simbolos	Descripción	
1	15	.200		Descargar paquetes de material del camión a la plataforma.	
2	42	.033		Transportar paquetes de material al área de almacenamiento.	
3				Almacenar materiales hasta que se necesiten.	
4	25	.025		Mover los paquetes a la tolva de carga.	
5		.330		Desempaquetar los materiales y vaciar en tolva de carga.	
6	20	.030		Transportar tolva a mezcladora.	
7		.100		Cargar mezcladora e iniciar el ciclo de mezclado.	
8		.083		Esperar a que la mezcladora termine el ciclo de mezclado.	
9		.017		Descargar carga de la mezcladora en vehículo receptor.	
10		.020		Inspeccionar el mezclado correcto de los materiales.	
11	50	.033		Transportar vehículo a la báscula y estación de empaque.	
12		.147		Operar máquina para pesar y empaquetar 1,500 libras de mezcla.	
13	40	.033		Transportar materiales a la plataforma.	
14				Almacenar materiales hasta que llegue el camión.	

Los diagramas de proceso pueden utilizarse para comparar métodos alternativos de ejecución de operaciones individuales o de grupos de operaciones. La distancia recorrida podrá, entonces, reducirse al examinar diagramas de procesos alternativos para métodos distintos de producción. Esta herramienta de planeación de los procesos puede emplearse en los productos/servicios elaborados en sistemas de producción continuos o intermitentes. Además, es de igual valor para la planeación de los procesos cuando se está pensando en nuevos productos/servicios o cuando se están analizando las operaciones existentes para mejorarlas. Los diagramas de proceso volverán a aparecer de nuevo en el capítulo 16 cuando veamos el análisis del desempeño del ser humano en los sistemas de producción.

RECORRIDOS DE PLANTAS

UNA FÁBRICA ENFOCADA AL PRODUCTO: SAFETY PRODUCTS CORPORATION, RICHMOND, VIRGINIA

Safety Products Corporation es el proveedor más grande de productos para la señalización y seguridad de los transportes en Estados Unidos. Sus productos se venden en cuatro mercados principales: carretero, ferroviario, marítimo y construcción. Para el mercado carretero, sus principales productos son las bengalas luminosas para autopista, los reflectores y las señales para vehículos lentos. Para los mercados de ferrocarril y marítimo, la empresa surte una diversidad de bengalas luminosas para fines de señalización. Para el mercado de la construcción, produce una amplia gama de señales de advertencia y de dispositivos de señalización.

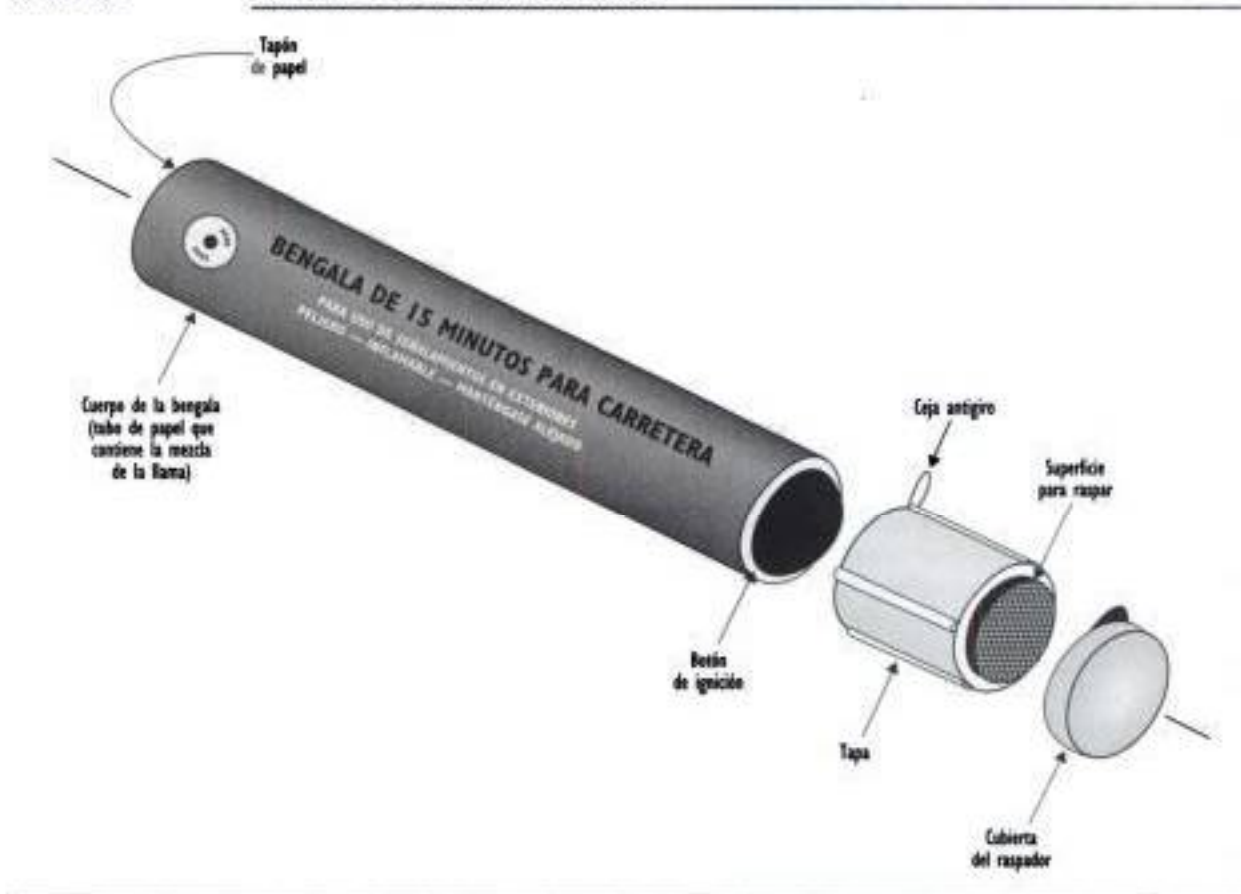
La empresa se inició en 1938 y pronto se convirtió en el principal proveedor de señales luminosas para los ferrocarriles de Estados Unidos. Desde entonces, el tráfico carretero ha empequeñecido al tráfico por ferrocarril, y la empresa gradualmente ha venido agregando productos para seguridad y de señalización para este mercado en crecimiento. Entre todos sus productos, las señales luminosas para carretera representan aproximadamente 60% de los ingresos por ventas de la empresa. Las bengalas de autopista se utilizan como dispositivos de señalización cuando una urgencia en el camino exige que se advierta a los otros vehículos. Los conductores que se acercan pueden verlos fácilmente tanto de noche como de día, así como también en condiciones climáticas adversas como en lluvia o nieve. Los municipios y las organizaciones de vigilancia de las leyes son responsables de gran parte de las ventas de este producto, pero las ventas de señales a tiendas de autopartes, a tiendas de artículos para la construcción y a otros puntos de venta que atienden directamente al consumidor están aumentando. El crecimiento en las ventas de bengalas para carretera fue tan considerable que se construyeron tres nuevas plantas fabriles en Virginia, California y Iowa.

Estrategia de negocios La planta de Richmond, Virginia, se construyó como elemento clave de la estrategia de negocio relativa a las bengalas para carretera, que hace hincapié en bajos costos de manufactura mediante la automatización, bajos costos de transporte y una superioridad tecnológica del producto. Los costos de manufactura y de embarque son de importancia estratégica debido a que las organizaciones encargadas del cumplimiento de las leyes adquieren aproximadamente 75% de este producto y la obtención de estos contratos depende de la capacidad de la empresa de presentar licitaciones competitivas a precios bajos.

La ubicación de la planta es de importancia estratégica para poder mantener reducidos costos de transporte. La localización en la costa este de Estados Unidos es una excelente elección para el control del costo de los embarques de materias primas de entrada, puesto que los materiales principales que se reciben en la planta son el papel que llega del noreste de Estados Unidos y Canadá, y los productos químicos que provienen de Europa. Los costos de los embarques hacia el exterior de los productos terminados se mantienen reducidos debido a la proximidad de la fábrica con los centros de población del noreste de Estados Unidos.

La superioridad tecnológica de las bengalas fabricadas por la empresa ha quedado establecida mediante mejores fórmulas químicas, extensos programas de investigación y desarrollo, y servicio técnico a los clientes. La compañía se ha ganado una valiosa reputación como el proveedor más antiguo de señales para ferrocarril con una tradición de seguridad y estrictos estándares de desempeño. Los extensos programas de investigación y desarrollo han dado como resultado diseños de pro-

FIGURA 4.16 UNA BENGALA DE CARRETERA DE 15 MINUTOS



ducto robustos, que se desempeñan de acuerdo a lo esperado incluso cuando su manufactura o las condiciones en el campo se aparten de lo normal. La empresa alienta a las principales organizaciones encargadas de vigilar el orden a que efectúen pruebas de productos de la competencia y para ello ha suministrado equipo de prueba y manuales. Como consecuencia de estas actividades, las organizaciones encargadas del orden público han afinado sus criterios de desempeño para las bengalas luminosas de carretera para dar preferencia a productos de una mayor calidad.

El producto La figura 4.16 muestra una bengala de carretera de 15 minutos. Este producto está fabricado con un tubo de papel enrollado, lleno de una mezcla de productos químicos conocida como *mezcla de llama*, coronada por una mezcla de productos químicos conocida como *botón de ignición* y cubierto por una tapa en uno de cuyos extremos existe una superficie recubierta de una mezcla de productos químicos que se llama *mezcla de raspado*. La bengala se enciende retirando la cubierta del raspador de la tapa y la tapa del cuerpo de la señal, sujetando el cuerpo de la señal con una mano, la tapa en la otra, y raspando ligeramente la superficie de raspado contra el botón de ignición. Sobre el cuerpo de la bengala están impresas instrucciones de uso y de seguridad.

La fábrica La planta de Safety Products Corporation en Richmond, Virginia, embarca bengalas de 15 minutos para carretera a 15 estados de la costa este. La planta tuvo un costo de 50 millones de dólares y sus ventas anuales alcanzan cerca de 25 millones de dólares. Este tipo de fábrica se conoce como **fábrica dedicada**, pues la planta está dedicada única y exclusivamente a la producción de un solo producto, la bengala luminosa de 15 minutos, con una producción continua utilizando el equipo de la fábrica y sin cambiar a otros productos. Existen 10 operaciones de producción extremadamente automatizadas por las que los productos fluyen sin detenerse. El único inventario en proceso de importancia está formado por los productos existentes en la banda trans-

portadora en movimiento continuo que corre por toda la planta. Se han programado los materiales para que lleguen de los proveedores de forma que coincidan con las velocidades de producción de la planta. Aunque la demanda del producto es estacional, los niveles de empleo se mantienen bastante uniformes al permitir que los productos se vayan acumulando en el inventario de productos terminados durante los periodos en que el mercado presenta una demanda reducida, y que dichos inventarios se reduzcan durante los periodos de demanda elevada. Durante todo el año funcionan dos turnos completos de ocho horas y en periodos de demanda muy alta se utiliza el tiempo extra. Un plan de producción como éste requiere de un cuidadoso pronóstico de la demanda por ventas.

La fuerza de trabajo en la planta consiste de aproximadamente 150 empleados asalariados, representados por una división de un sindicato nacional de transportistas bien conocido. A cada empleado se le imparte un programa de capacitación de una semana que incluye la explicación de los programas y políticas de la empresa, cursos sobre seguridad y calidad del producto y entrenamiento o capacitación en el puesto. Hay 15 empleados con sueldo en la planta: un gerente de planta, cinco oficinistas, un superintendente de producción, seis supervisores de turnos de producción, dos empleados de ingeniería y mantenimiento y un especialista de control de calidad.

La figura 4.17 muestra la manera en que se fabrican las bengalas para carretera. Las materias primas se reciben en el almacén de materias primas por autotransportes comerciales o por carro de ferrocarril y se van trasladando de este almacén en pequeñas cantidades hacia la línea de producción de acuerdo con las necesidades. Los productos terminados se llevan de la línea de producción al almacén de productos terminados, donde se conservan hasta su embarque a los clientes en autotransportes comerciales.

A continuación se describen cada una de las principales operaciones de producción.

Enrollado de tubos Se colocan grandes rollos de papel rojo en *máquinas enrolladoras de tubos*, que de manera continua y automática tiran del papel de los rollos, lo cortan a la longitud de una bengala, le aplican pegamento sobre una cara, enrollan el papel con pegamento en la forma del tubo y lo dejan sobre una charola para que seque. Cada charola contiene 144 tubos, es decir una gruesa. Los operadores de esta estación, igual que los operadores responsables de todas las operaciones de la planta, vigilan el equipo, efectúan los ajustes necesarios, limpian las máquinas y el área de trabajo y arrancan y paran las máquinas según se requiera.

Cerrado y doblado de los tubos Las charolas de los tubos de papel ya secos son jaladas a *máquinas de cerrado y doblado*, que sujetan automáticamente los tubos de papel, insertan taponos de papel en las extremidades de los tubos, los doblan alrededor de los taponos que cierran los extremos y colocan las charolas otra vez sobre la banda transportadora.

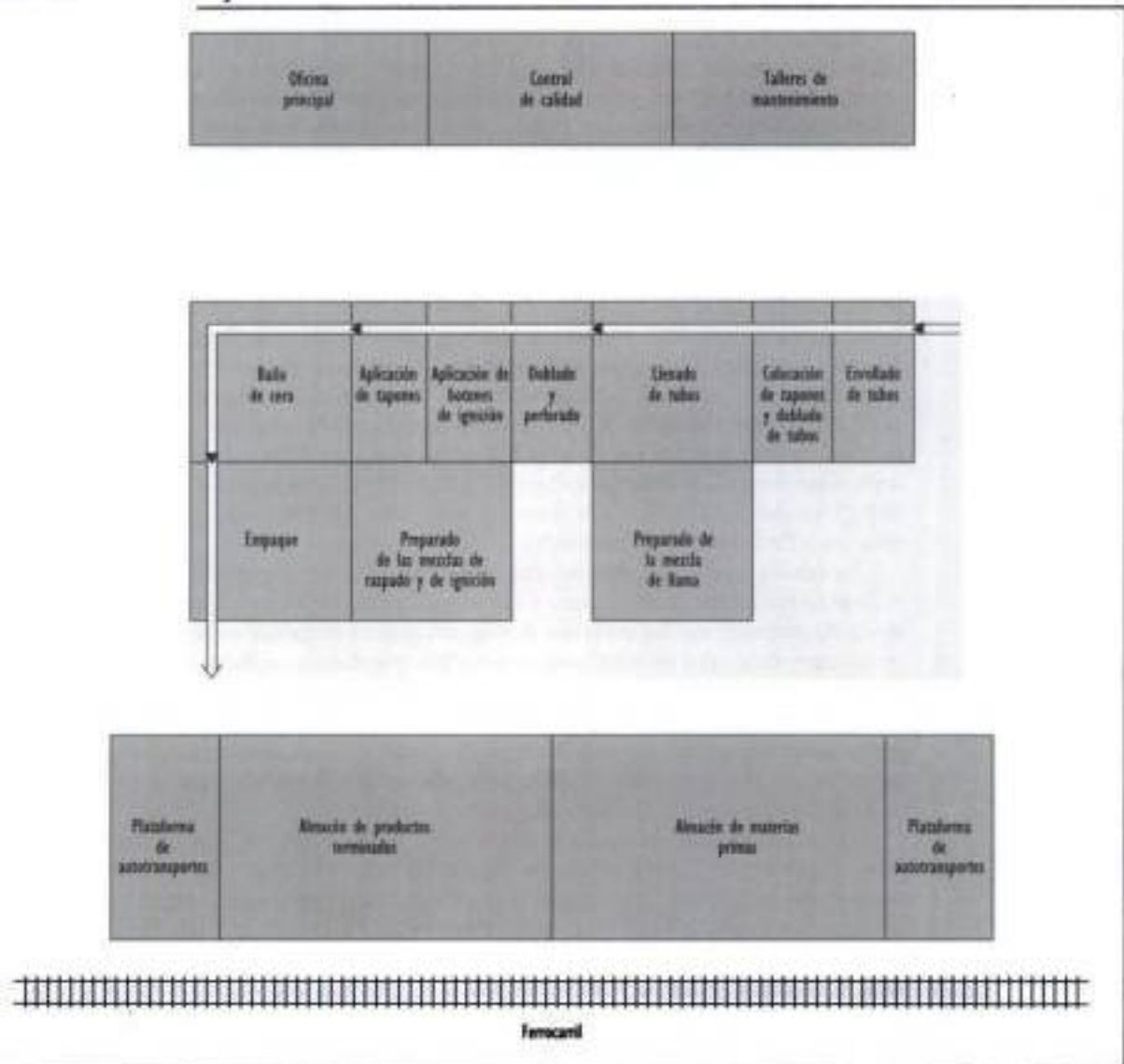
Preparado de las mezclas de llama, raspado e ignición Los productos químicos se combinan según fórmulas patentadas para cada una de las tres mezclas del producto: la mezcla de llamas, la mezcla de ignición y la mezcla de raspado. Los operadores siguen cuidadosamente procedimientos preestablecidos de seguridad y calidad para asegurar una operación sin riesgo y un buen desempeño del producto. Los materiales se extraen de sus recipientes de embarque, y se colocan en las *máquinas mezcladoras*, donde se codifican instrucciones de mezclado programadas. Una vez terminadas las mezclas, se trasladan por bandas transportadoras a las áreas de la línea de producción. La responsabilidad clave de los operadores es mantener condiciones seguras de trabajo siguiendo estrictamente los procedimientos impresos de operación y conservando meticulosamente limpias las áreas de mezcla. Además, los operadores deben seguir rígidamente las fórmulas químicas establecidas para el producto.

Llenado de tubos Las charolas de los tubos de papel se jalan automáticamente a máquinas de llenado que rellenan los 144 tubos de papel con mezcla de llama, compactan la columna de la mezcla a la densidad deseada y devuelven las charolas a la banda transportadora.

Doblado y perforado Las charolas de tubos de papel ya llenos se trasladan por las bandas transportadoras hacia las *máquinas de doblado y perforado*, que acomodan las charolas, doblan la parte superior de los cuerpos de las bengalas, efectúan perforaciones en la parte superior de los cuerpos de las señales donde posteriormente se colocará la mezcla de ignición y empujan las charolas, cada una de ellas con una gruesa de cuerpos de bengalas de vuelta a la banda transportadora.

FIGURA 4.17

FLUJO DEL PRODUCTO EN SAFETY PRODUCTS CORPORATION



Aplicación de botones de ignición Las charolas de cuerpos de las bengalas se colocan automáticamente en las *máquinas surtidoras de ignitores*, que suministran automáticamente una cantidad preestablecida de un espeso líquido de mezcla de ignición en las cavidades hechas durante la operación de doblado y perforado y dejan la charola otra vez sobre la banda transportadora.

Aplicación de tapas Las *máquinas de tapas* totalmente automáticas tiran de las charolas y las dejan en posición, para a continuación colocar los ensambles de tapas de plástico en los cuerpos de las señales, devolviendo posteriormente las charolas a la banda transportadora.

Baño de cera Las charolas con bengalas son automáticamente conducidas a través de un baño de cera caliente para asegurar una protección a largo plazo contra la humedad y la entrada de agua.

Empaque Las bengalas se retiran automáticamente de las charolas y se ponen en cajas de cartón de una gruesa, es decir, 144 bengalas. Los cartones se sellan automáticamente, se ponen en tarimas y se sujetan formando una unidad mediante plástico autoadherible. Las tarimas son bastidores de base desechables que permiten que los montacargas coloquen sus uñas bajo las cargas para el

transporte y el plástico autoadherible es una película plástica que se enrolla alrededor de toda la carga. Cada tarima contiene 72 cajas de cartón. Las cargas unificadas se transportan a embarques donde se registran en el inventario o se etiquetan para su embarque inmediato.

La planta de Richmond se ha desempeñado más allá de lo esperado por Safety Products Corporation. Los costos de embarque y de producción han sido tan reducidos que la empresa ha logrado alcanzar una posición líder en licitaciones competitivas para el mercado de las organizaciones regionales dedicadas al cumplimiento de la ley. Además, la calidad y superioridad tecnológica de los productos de la empresa han sido los factores generadores de su creciente penetración en el mercado.

UNA FÁBRICA ENFOCADA A LOS PROCESOS: R. R. DONNELLEY & SONS, WILLARD, OHIO

R. R. Donnelley & Sons es el impresor de libros más grande del mundo. Una de sus plantas está localizada en Willard, Ohio, en el centro norte rural de Ohio, aproximadamente equidistante de Columbus, Cleveland y Toledo. La planta de Willard ha estado en operación durante cerca de 35 años y aprovecha el ser vecina de la línea principal de Baltimore & Ohio Railroad y cerca de una fuerza de trabajo local abundante. R. R. Donnelley contrata con las empresas editoriales la impresión de libros de pasta dura, de pasta blanda y de documentación para software. Hay muchos competidores tanto domésticos como del extranjero, y la estrategia de negocio de R. R. Donnelley es entregar la producción a la medida de libros con una calidad superior, entregas a tiempo, precios competitivos y flexibilidad de manufactura.

La calidad superior se logra de muchas maneras. Primero, la gerencia superior ha creado un entorno en el cual la actitud es "cerca no es lo suficientemente bueno". Un departamento independiente de control de calidad supervisa el programa general de calidad en la planta; se cumplen estrictas especificaciones de materiales en todos los materiales comprados, equipos de empleados estudian y encuentran soluciones para problemas de producción relacionados con la calidad a todo lo largo del proceso de producción. En todos los pasos de procesos de producción se aplica a los productos normas extremadamente elevadas de calidad y los empleados están conscientes de que deben ver que cada producto cumpla con los estándares. Los empleados parecen estar sinceramente dedicados al programa de control de calidad de la empresa.

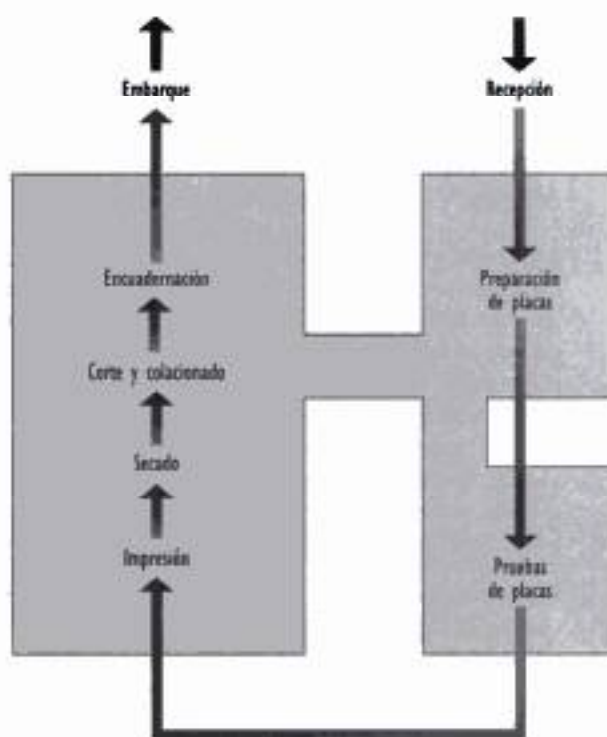
La fábrica tiene más de un millón de pies cuadrados de espacio de planta y emplea más de mil 400 trabajadores. En la búsqueda de cumplir con las metas de brindar entregas a tiempo a precios competitivos, los pedidos de los clientes para sus libros se planean cuidadosamente, se producen, se embarcan y se controlan como lotes o tareas individuales. Por ejemplo, si South-Western College Publishing colocara un pedido por cinco mil ejemplares del libro *Production & Operations Management* de Gaither y Frazier, la totalidad del pedido normalmente se produciría como un solo lote fluyendo de un departamento a otro, a través de la planta. Esta organización a menudo se conoce como un **taller de tareas**, porque los pedidos de los clientes son tratados como tareas que fluyen a través de la fábrica y las tareas se convierten en el foco de la planeación y el control de la producción.

Dado que existe una enorme diversidad entre las tareas que deben producirse en la planta, se requiere de gran flexibilidad en la manufactura, lo que significa que en cualquier departamento de producción, los empleados, la maquinaria y los materiales deben tener suficiente flexibilidad para que se pueda cambiar con rapidez de una tarea a otra. La flexibilidad de los empleados se aumenta mediante la capacitación cruzada entre varios puestos, la capacitación en los aspectos técnicos de las tareas y premiando la iniciativa de los empleados. Las máquinas de producción deben estar diseñadas de manera que sean máquinas de uso general que puedan ser rápidamente cambiadas a otras tareas para hacer frente a la gran diversidad de los productos. Dado que la miriada de materiales necesarios para producir la enorme variedad de tareas deben hacerse pedidos en grandes cantidades de proveedores lejanos que requieren de hasta tres meses de plazo de entrega, se almacenan grandes cantidades de materiales hasta que se hacen necesarios.

La planta es igual a todos los demás talleres de tareas por lo que se refiere a que toda la producción se planea y controla basándose en las tareas de los clientes. En un aspecto, sin embargo, la empresa es fuera de lo normal en comparación con otros talleres de tareas: todas las tareas siguen el mismo camino básico a través de los departamentos de producción, preparación de placas, impresión, cortado y colacionado, y encuadernado. En la mayoría de los talleres de tareas, los tra-

FIGURA 4.18

FLUJO DE LAS TAREAS DE IMPRESIÓN EN R. R. DONNELLEY & SONS



bajos siguen una gran diversidad de rutas a través de los departamentos de producción al grado que para un observador no entrenado, las trayectorias parecerían al azar. Existen sin embargo, algunas diferencias entre las rutas de las tareas, ya que éstas pueden ser asignadas a diferentes centros de trabajo y a distintas máquinas individuales dentro de los departamentos de producción.

Los procesos de producción en la planta se ilustran en la figura 4.18. Los pasos de producción principales son: 1) recepción, 2) preparación de placas, 3) pruebas de placas, 4) impresión, 5) secado, 6) corte y colacionado, 7) encuadernación y 8) embarque.

Recepción Los materiales que se reciben en la planta vienen de proveedores que pueden estar tan cerca como la región de Ohio o tan alejados como Seattle. Estas materias primas son papel en rollo y tintas, así como suministros para mantenimiento, producción y oficinas. El material más pesado y con mayor necesidad de almacenamiento es, sin embargo, el papel, que viene en grandes rollos muy pesados. La fábrica utiliza 200 millones de libras de papel todos los años, y recibe cientos de clases de papel de más de 25 fábricas. Trate de imaginar la cantidad de espacio de almacén que se necesitaría para guardar estos volúmenes. Cada uno de los materiales debe verificarse al ser recibido por el personal de control de calidad, para determinar si cumple con las especificaciones y estándares de calidad establecidos. Sólo después de que los materiales hayan pasado estas inspecciones, se pueden colocar en el almacén y liberar para su uso.

Preparación de placas Esta operación prepara las placas que se utilizan en las prensas para imprimir los libros. Estas placas se elaboran mediante un proceso fotográfico en el que la imagen fotográfica de una página original suministrada por el editor, se transfiere a "una placa", que es una lámina de metal con letras realizadas de tal manera que cuando se aplica tinta a las letras y se presiona sobre papel, la página pretendida del libro se imprime en el papel. El equipo que se utiliza en este proceso está manejado por computadora para un mejor control de calidad. En este paso de

producción se requiere de personal muy especializado, y a pesar de la computarización del equipo, la preparación de placas sigue siendo muy intensiva en mano de obra.

Pruebas de placas Esta operación implica verificar que las imágenes formadas sobre las placas son duplicados exactos de las páginas originales proporcionadas por el editor. Las páginas originales contienen texto, dibujos de línea, tablas, fotografías, ecuaciones matemáticas y todo tipo de material que hoy día se ve en los libros. Las pruebas de placas de este tipo de material es muy preciso y comúnmente se utilizan microscopios para inspeccionar y comparar las placas con los originales. Por consiguiente también emplea gran cantidad de mano de obra y requiere de empleados dedicados a los estándares más elevados de la calidad del producto.

Impresión y secado Dependiendo de su tamaño, una tarea se encamina a uno de tres diferentes tipos de prensas: una impresora grande, una más pequeña automatizada y una de hojas sueltas. Estas máquinas incorporan la última tecnología de impresión, con un monitoreo continuo por computadora del papel, el manejo automatizado de los rollos de papel, escáners ópticos y control por computadora de los ajustes de la máquina. Al hacer pasar hojas de papel a través de las impresoras de un ancho de hasta 3 metros a velocidades de casi 500 metros por minuto, se obtienen velocidades enormes de producción de páginas impresas. El papel en rollo impreso se pasa a continuación a través de una serie de rodillos calentados y enfriados hasta que se seca. El equipo de secado requiere gran cantidad de espacio de piso y vertical. Este paso de producción, en vez de ser intensivo en mano de obra, utiliza de manera intensiva el capital.

Corte y colacionado El corte implica refinar las hojas de rollos de papel impreso en hojas del tamaño de páginas. Se utilizan grandes máquinas cizalladoras para hender las pilas de hojas en hojas sucesivamente más pequeñas. Una vez hecho el corte, las páginas se ordenan en secuencia y se pegan en pequeños paquetes de 16 hojas de 32 páginas, que se conocen como *signaturas*. Las signaturas se exponen brevemente a una llama abierta para eliminar cualquier partícula de papel de desecho y los juegos de signaturas correspondientes a cada libro se reúnen para su encuadernación.

Encuadernación Los libros de pasta dura se ensamblan en un proceso por separado. Las portadas traseras y delanteras se imprimen sobre una hoja, se pegan a un respaldo de cartón y se doblan para que ajusten. Las pastas blandas se imprimen directamente sobre el papel de las cubiertas. En la encuadernación, se utilizan prensas para envolver las cubiertas alrededor de los paquetes de signaturas pre-cementados para formar los libros terminados.

Embarque Los libros terminados se colocan en cajas y después en tarimas o directamente sobre tarimas. Las tarimas son bastidores de madera, papel, plástico o fibra de vidrio sobre las cuales se apilan los productos. A continuación, cada tarima y su carga se envuelve en plástico autoadherible para formar una unidad de carga. Las tarimas con libros se transporta con montacargas del departamento de embarques a los autotransportes o a los carros de ferrocarril para su embarque a los almacenes regionales de los editores.

La estrategia de R. R. Donnelley es dar a sus clientes una calidad de producto superior, entregas a tiempo y precios competitivos. El diseño, disposición física y operación de su planta en Willard, Ohio, parecería bien adaptada para entregar estas características competitivas distintivas.

UNA OPERACIÓN DE SERVICIO: CENTRO REGIONAL DE DISTRIBUCIÓN DE WAL-MART, NEW BRAUNFELS, TEXAS

Wal-Mart Stores es una cadena de tiendas de descuento que opera en todo Estados Unidos, con oficinas centrales en Bentonville, Arkansas. Las tiendas ofrecen artículos para consumo familiar, con una amplia gama de mercancías, incluyendo electrónica, juguetes, telas suministros para artesanías, refacciones automotrices, equipo para jardinería, artículos deportivos, joyería y zapatos. La filosofía de mercadeo declarada por Wal-Mart es ofrecer mercancía de marca y de calidad a precios bajos todos los días, no solamente durante baratas.

La primera tienda Wal-Mart se abrió en Rogers, Arkansas, en 1962 por Sam y Bud Walton. Sus acciones fueron operadas por primera vez en el New York Stock Exchange en 1972. Hoy, Wal-

Mart posee alrededor de dos mil tiendas al menudeo en Estados Unidos, más de 35 centros de distribución regionales, más de 700 mil empleados (o *asociados*, como Wal-Mart los llama), una de las flotillas privadas más grandes de autotransportes de Estados Unidos, más de 100 mil proveedores estadounidenses, y ventas anuales superiores a los 100 mil millones de dólares.⁶

Wal-Mart utiliza centros de distribución regionales para recibir los embarques de mercancía de sus proveedores, recibir pedidos de mercancía de sus tiendas, surtir los pedidos para las tiendas y embarcarlos a las mismas. El centro de distribución regional de New Braunfels, Texas, se construyó en 1968 y actualmente da servicio a tiendas dispersas en todo el centro y sur de Texas. Después de alcanzar a su capacidad, se esperaba daría servicio a aproximadamente 180 tiendas y emplearía a casi 800 asociados.

Es difícil imaginar el tamaño de estas instalaciones sólo de leerlas en una descripción como ésta, pero tome en consideración estos hechos:

- Las instalaciones tienen más de 93 mil metros cuadrados de espacio de planta bajo un solo techo. Esto es aproximadamente el equivalente a 23 campos de fútbol, es decir, más de 11 hectáreas de espacio horizontal.
- Las instalaciones disponen de 96 puertas de carga y descarga de tráilers.
- Las instalaciones tienen nueve kilómetros de bandas transportadoras para mover mercancías de los autotransportes de llegada, hacia y desde el almacén, y a los autotransportes de salida.
- Las instalaciones tienen 70.1 kilómetros de estanterías y 83 mil 980 distintas ubicaciones de almacén, es decir, posiciones de estantería dentro del almacén, donde se puede almacenar mercancía. Las estanterías vacías pesan 1.6 millones de kilos.
- El lugar contiene más de mil 200 cajones de estacionamiento para autotransportes con trailer, 110 cajones para camiones y 700 para los asociados.

Las instalaciones están organizadas de acuerdo con funciones como aseguramiento de la calidad, mantenimiento, tráfico, distribución, prevención de pérdidas, procesamiento de datos y personal. El aseguramiento de la calidad es motivo de gran énfasis en el centro. Su propósito principal es asegurarse de que se haya recibido la cantidad y el tipo correctos de mercancías, de que ésta no ha sido dañada durante su traslado y que la cantidad y tipos correctos de mercancías se han embarcado a las tiendas. El departamento de tráfico se preocupa principalmente de la programación y coordinación de los autotransportes comerciales de llegada provenientes de los proveedores; el departamento de distribución de ocupa de la programación y coordinación de los camiones propiedad de la empresa de salida hacia las tiendas; el departamento de prevención de pérdidas es responsable de la seguridad y bienestar.

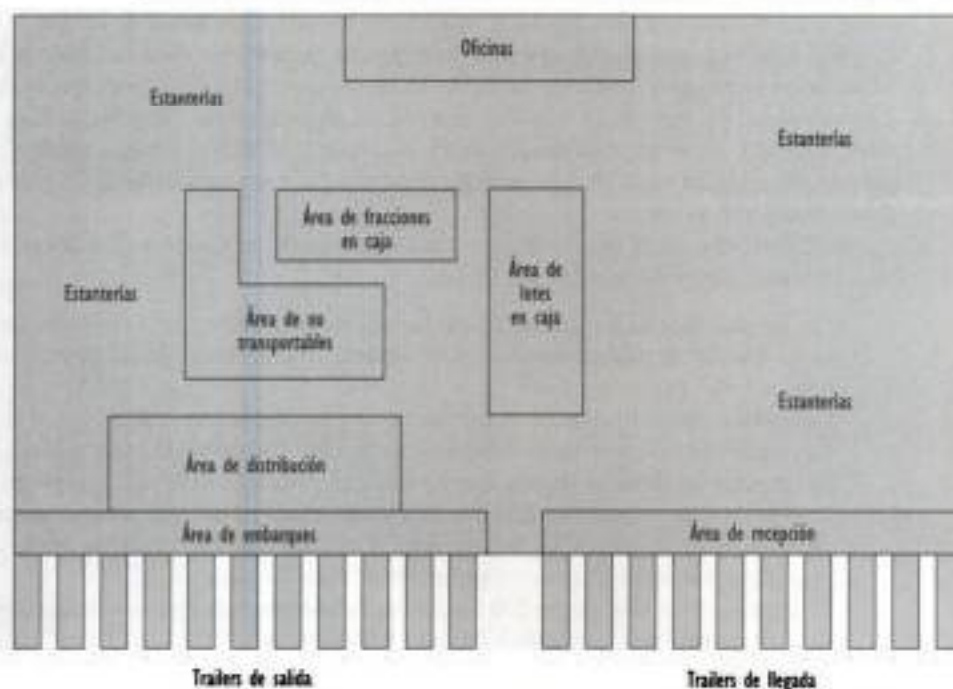
La figura 4.19 ilustra la disposición física general del centro. Las siguientes operaciones de las instalaciones se analizarán a continuación: pedidos de las tiendas, mercancías de llegada, surtido de los pedidos, sistema de bandas transportadoras/clasificadoras y mercancía de salida.

Pedidos de las tiendas Cada tienda Wal-Mart tiene una conexión directa de computadora con las oficinas centrales en Bentonville, Arkansas. Al final de cada día laborable, los asociados de cada tienda envían una lista de pedidos por mercancías sobre una terminal de computadora a Bentonville. El sistema de cómputo en las oficinas centrales desglosa la lista de pedidos y los asigna a los centros de distribución regionales. Aunque la mayoría de las mercancías serán embarcadas del centro de distribución regional más cercano, ciertos bienes especializados se almacenan únicamente en unos cuantos de los centros. Un sistema de cómputo en cada uno de los centros de distribución regional recibe los pedidos la mañana siguiente e imprime las etiquetas para los pedidos.

Las etiquetas juegan un papel vital en la operación del centro. Cada paquete de mercancías que se va a embarcar a una tienda deberá tener adherida una etiqueta impresa. Estas etiquetas son en forma de código de barras, para que puedan leerse por lectores ópticos, y en forma impresa, para que puedan ser leídas fácilmente por los asociados. Una etiqueta representa la autorización de embarque de la mercancía y contiene toda la información relacionada con el pedido: destino de la tienda, nombre de la mercancía, cantidad, nombre del proveedor y ubicación o posición en el almacén.

Mercancía de llegada El departamento de compras en las oficinas centrales de Bentonville, adquiere mercancías de los proveedores con base en contratos a largo plazo. El departamento de com-

FIGURA 4.19 CENTRO REGIONAL DE DISTRIBUCIÓN DE WAL-MART



pras mantiene informados a los departamentos de tráfico de los centros de distribución regionales sobre qué proveedor suministrará cada tipo de mercancía. Prácticamente todas las mercancías se fabrican en Estados Unidos y provienen literalmente de todas las regiones del país. Conforme las mercancías se embarcan desde los centros de distribución regional, los registros de inventarios se revisan perpetuamente de tal manera que el departamento de tráfico pueda saber cuándo se necesitan embarques de cada tipo de mercancías de los proveedores. El departamento de tráfico programa entonces embarques de los proveedores para que lleguen antes de que los centros de distribución regionales se queden sin cada uno de los tipos de mercancías. Quizás de igual importancia es que la mercancía no llegue con demasiada anticipación a los centros de distribución regional, manteniendo así bajos los niveles de inventarios y controlada la inversión en ello.

Surtido de pedidos El surtido de pedidos involucra el uso de las etiquetas impresas para localizar dentro del almacén cada uno de los paquetes de mercancías incluidos en un pedido de tienda, fijar la etiqueta en el paquete y transportarlo al área de embarques. Cada etiqueta a embarcarse cada día se envía a una de las cuatro áreas de la instalación: área de lotes en caja, área de no transportables, área de fracciones de caja o área de distribución.

El área de lotes en caja contiene mercancías que se embarcan en múltiplos de cajas completas. En esta área, los asociados con rollos de etiqueta caminan entre las estanterías de mercancías y una banda transportadora en continuo movimiento. Los asociados leen el número de ubicación de la mercancía sobre la etiqueta, localizan la ubicación, verifican la exactitud de la información de cantidad y tipo de mercancía sobre la etiqueta del pedido, toman la caja de mercancía y la colocan sobre la banda transportadora, adhiriendo la etiqueta sobre el paquete. De ahí los paquetes se transportan al sistema elevado de banda transportadora/clasificadora.

El área de no transportables contiene mercancía que es demasiado pesada, grande o voluminosa para caber en el sistema de banda transportadora/clasificadora. Este tipo de mercancía, por ejemplo costales de 25 kilos de alimento para perros, generalmente se recibe, maneja, almacena y embarca en cargas unificadas. Una carga unificada es un lote de mercancía colocada sobre una tarima (un bastidor de madera cuadrado de 9.2 metros) y que se envuelve en plástico autoadherible

transparente. El surtido de los pedidos de mercancías no transportables se logra adhiriendo una etiqueta sobre la parte superior de la carga unificada y transportando la carga al área de embarques utilizando un montacargas.

El área de empaque fraccionario contiene mercancía que se va a embarcar en cantidades menores de una caja completa. Los asociados cortan la parte superior de las cajas y las colocan en las ubicaciones en las estanterías adyacentes a una banda transportadora en continuo movimiento. Los asociados que surten los pedidos utilizan entonces las etiquetas para localizar la ubicación, verificar la información sobre la etiqueta, colocar la cantidad requerida de mercancía sobre la banda transportadora y adherir la etiqueta a la mercancía. En el otro extremo de la banda transportadora, la mercancía es empacada en cajas y se verifica por control de calidad. Posteriormente, los paquetes se introducen en el sistema de banda transportadora/clasificadora.

El área de distribución contiene mercancía especial que en ese momento está sujeta a promoción nacional. Por ejemplo, mercancía especial que se va a enviar a tiendas para la promoción de las fiestas del Memorial Day se encontrarían en esa área. Los pedidos de tiendas se llenan aquí, y la mercancía pasa al sistema de banda transportadora/clasificadora o al área de embarques por montacargas.

Sistema de banda transportadora/clasificadora El sistema de banda transportadora/clasificadora se utiliza para transportar paquetes desde las áreas de almacenamiento al almacén, para pasarlos al área de embarque y clasificarlos en la nave de carga apropiada. El sistema de banda transportadora/clasificadora es una red de bandas, lectores ópticos y equipo de desvío de paquetes. Los paquetes se transportan desde las áreas de surtido de pedidos en el piso del almacén a un sistema elevado de bandas transportadoras, con una altura aproximada de tres pisos de alto y está justo por debajo del techo del almacén. Aquí los paquetes se voltean de forma que sus etiquetas queden hacia arriba y entonces se dirigen a través de lectores ópticos que leen toda la información de los códigos de barras sobre las etiquetas, envían esta información al sistema de registro de inventarios y envían información al equipo de desvío de paquetes relativa a qué nave de embarque debe llegar cada paquete. El equipo de desvío de paquetes empuja los paquetes, los saca de la banda transportadora principal hacia transportadores secundarios que se dirigen a las naves de carga específicas en el área de embarques.

Mercancía de salida Los paquetes de mercancía salen del sistema de banda transportadora/clasificadora a bandas transportadoras abiertas que se extienden hasta los autotransportes de salida. Los asociados leen cada una de las etiquetas utilizando lectores ópticos manuales para verificar la información de los lectores ópticos del sistema de banda transportadora/clasificadora. Los paquetes del sistema de banda transportadora/clasificadora se colocan a mano en los autotransportes de salida y las cargas unificadas de mercancía no transportable se colocan en los autotransportes utilizando montacargas. Las instalaciones tienen capacidad para embarcar a tiendas, casi 200 camiones totalmente cargados al día.

Esta instalación regional, combinada con el sistema de información computarizado, en las tiendas y en las oficinas centrales de Bentonville, hace entrega de los pedidos a las tiendas en no más de 48 horas una vez colocados los pedidos. El desglose de este tiempo de entrega de 48 horas es como sigue:

1. Los pedidos se transmiten de las tiendas a las oficinas centrales al terminar el día de trabajo.
2. Los pedidos se asignan a los centros de distribución regionales y las etiquetas se imprimen a la mañana siguiente.
3. Los pedidos se surten, se cargan en los autotransportes y se embarcan ese mismo día.
4. Los pedidos se transportan a las tiendas en camiones propiedad de la compañía y llegan a más tardar el día siguiente, dependiendo de la distancia entre la tienda y el centro de distribución regional.

Debido a que las tiendas no tienen bodega, los pedidos de mercancías pasan directamente de los autotransportes a las estanterías en los pisos de exhibición de las tiendas. Este sistema de entrega rápida de mercancía de los centros de distribución regional permite a las tiendas operar sin necesidad de bodega. También, las tiendas pueden esperar hasta que la mercancía de las estanterías se hayan prácticamente agotado antes de pedir, permitiendo así inventarios menores en estantería. Todo esto se traduce en costos menores de operación, mayor productividad y un mejor servicio al cliente.

RECOPIACIÓN:



LO QUE HACEN LOS PRODUCTORES DE CLASE MUNDIAL

Los productores de clase mundial planean y diseñan productos, servicios y procesos de producción de tal manera que los sistemas de producción se puedan utilizar como armas competitivas en la captura de una mayor penetración en los mercados mundiales. Esto requiere que los procesos de producción se planeen y se diseñen con capacidades específicas que coincidan con las prioridades competitivas de sus estrategias de negocio. De manera creciente, los productores estadounidenses ven la calidad del producto y el servicio al cliente como fortalezas cruciales y la flexibilidad y los costos de producción como debilidades importantes en relación con sus competidores. El reto para el futuro es rediseñar los procesos de producción de forma que las fortalezas de la calidad del producto y servicio al cliente se conserven y se mejoren la flexibilidad de la producción y los costos. En esta dirección, los productores de clase mundial están haciendo lo que sigue:

- Introducen los productos más rápidamente en el mercado utilizando ingeniería simultánea, CAD/CAM y equipos autónomos de desarrollo de nuevos productos.
- Diseñan productos para su facilidad de producción y calidad de manera que los sistemas de producción puedan utilizarse como armas para competir en los mercados globales y mejorando los diseños de los productos mediante programas continuos dirigidos a continuas mejoras pequeñas.
- Afinan los esfuerzos de pronóstico de forma que las capacidades de los procesos de producción se ajusten realmente a las necesidades de los mercados.
- Reducen su integración vertical, concentrándose en sus actividades de negocio centrales y reduciendo así su vulnerabilidad frente a competidores más pequeños y especializados, y desarrollando una red de proveedores que sean tratados más como socios que como adversarios.
- Reducen los costos de producción y se hacen más flexibles al adoptar el principio de la *producción esbelta*, utilizando empleados muy capacitados en todas las etapas y adoptando un enfoque muy cuidadoso de todos los detalles de la producción. Este concepto es muy distinto a la producción en masa convencional, que simplifica cada una de las tareas a una rutina automática que se apoya en ejércitos de supervisores para controlar los costos y limitar los defectos.⁷
- Mejoran la flexibilidad reemplazando algunas líneas de producción manuales y la *automatización dura* (maquinaria automática difícil de cambiar para producir otros productos) por *automatización flexible* (máquinas automáticas controladas por computadoras fácilmente programables para otros productos).
- Mejoran la flexibilidad rediseñando los procesos de producción para acelerar el flujo de productos a través de la misma y mediante la reducción de inventarios en proceso.
- Modifican algunos talleres de tareas para incluir algo de manufactura celular para mejorar los costos de producción, la calidad de los productos y acelerar la producción.
- Instalan sistemas de control de la producción computarizados mejorados para planear y controlar mejor los pedidos de los clientes, proporcionando así un mejor servicio al cliente, menores costos y flexibilidad mejorada.



PREGUNTAS DE REPASO Y ANÁLISIS

1. Nombre y describa los pasos en el desarrollo de nuevos productos. ¿Cuáles son las diferencias clave entre un *prototipo* y un *diseño de producción*?
2. Explique tres maneras en que las empresas estadounidenses están acelerando la introducción en el mercado de nuevos productos.
3. Explique el significado de diseñar productos para facilidad de la producción. ¿Por qué es importante?
4. Explique el significado del diseño de productos para la calidad. ¿Por qué es importante?
5. Compare el desarrollo de nuevos productos y el desarrollo de nuevos servicios. ¿En qué se parecen? ¿En qué difieren?
6. Explique lo que quiere decir "evolución de las estrategias de posicionamiento para los productos". ¿Cuál es el significado de este concepto en relación con la estrategia de las operaciones?
7. Analice el papel que tiene el diseño de los procesos en la estrategia de las operaciones.
8. Describa la relación entre diseño del proceso y diseño del producto. ¿Qué es *ingeniería simultánea*? ¿Cuáles son sus ventajas?

9. ¿Cuáles son los pasos en el diseño de los procesos? ¿Qué insumos se requieren para el diseño de los procesos? ¿Cuáles son los resultados de los diseños de los procesos?
10. Explique la manera en que estos factores afectan las decisiones de diseño de los procesos a) naturaleza de la demanda del producto, b) grado de integración vertical, c) flexibilidad de productos y volúmenes, d) grado de automatización, e) calidad de producto.
11. Explique por qué los sistemas enfocados a los productos a veces se llaman: a) producción continua, b) líneas de producción o de ensamble. Explique la diferencia entre a) manufactura de unidades discretas y manufactura de procesos, b) producción enfocada al proceso y manufactura de procesos.
12. Explique por qué la producción enfocada a los procesos a veces se llama: a) producción intermitente, b) producción de arrancar y parar, c) talleres de tareas.
13. ¿En qué condiciones desearía un gerente formar celdas de manufactura en un taller de tareas? ¿Qué es una familia de componentes?
14. Conforme se incrementa el número de diseños de productos y se reduce el tamaño de los lotes, explique lo que le ocurre a: a) costo unitario de producción, b) flexibilidad del producto. Dé algunas razones por las que existe esta relación.
15. Explique brevemente cómo decidiría usted entre dos diseños de proceso diferentes. ¿Qué factores tomaría en consideración? ¿Qué herramientas de análisis utilizaría usted?
16. Exprese las implicaciones importantes del enunciado siguiente: Se dice que los sistemas de producción automatizados tienen un apalancamiento operacional más elevado. Defina el término *apalancamiento operacional*. Explique por qué los sistemas de producción automatizados tienen tendencia a tener niveles más altos de apalancamiento operacional.
17. Describa un diagrama de ensamble y un diagrama de proceso. ¿En qué difieren? Explique de qué manera se utilizan en el diseño de los procesos.
18. Nombre y describa tres clases de procesos de producción para los servicios. Dé un ejemplo de cada clase.
19. ¿Qué pasos se pueden tomar en el diseño de procesos de producción para los servicios que pudieran hacer esta actividad más cuantificable y más objetiva? Analice las dificultades que se podrían encontrar al seguir estos pasos.

TAREAS EN INTERNET



1. Visite una librería en línea en Internet, como www.amazon.com y encuentre dos libros cada uno referente a: a) diseño de nuevos productos, b) diseño de servicios, c) ingeniería simultánea, d) reingeniería de procesos de negocios.
2. Busque en Internet un artículo sobre manufactura celular. Resuma brevemente el contenido del artículo.
3. Busque en Internet una empresa que tenga un "taller de tareas" y describa lo que manufactura la empresa. Incluya la dirección Web de la compañía.
4. Visite el sitio Web de Wal-Mart en www.wal-mart.com. Busque las dos tiendas más cercanas a la dirección en la que usted vive (quizás necesite incrementar el límite de distancia de la búsqueda de tiendas). Escriba la dirección de las dos tiendas más cercanas.



PROBLEMAS

Diagramas de ensamble

1. Seleccione un producto ensamblado simple que tenga pocas partes, como una engrapadora, un surtidor de dióxido de carbono, unas tijeras, un par de lentes o una báscula de correos. Prepare un diagrama de ensamble del producto.
2. Seleccione un producto ensamblado con por lo menos seis componentes. Prepare el diagrama de ensamble.
3. Susan Stemelski, analista de producción para Thermoquick, ha preparado la información siguiente para la producción de un nuevo termómetro digital para exteriores. Prepare un diagrama de ensamble para el producto.

Lista de componentes para el termómetro modelo 245B

Descripción de componente	Código del componente	Código del componente predecesor*	¿Inspección requerida después de la instalación del componente?
1. Base	544	—	N
2. Circuito	520	544	N
3. Arnés del cableado	623	520	S
4. Ensamble de despliegue	715	623	N
5. Carcaza exterior	571	571	S
6. Empaque	475	475	N

*Código del componente que debe preceder inmediatamente a este componente.

4. Ken Chang, analista de producción de SharpEase Company, ha preparado la información siguiente para la producción de un nuevo sacapuntas eléctrico. Prepare un diagrama de ensamble para el producto.

Lista de componentes para el sacapuntas modelo D-41

Descripción del componente	Código del componente	Código del componente predecesor*	¿Inspección requerida después de la instalación del componente?
1. Motor	318	—	N
2. Ensamble de corte	290	318	N
3. Base	256	290	N
4. Carcaza	155	—	N
5. Cable eléctrico	310	155	N
6. Tornillos (3)	199	256, 310	N
7. Patas de hule (4)	175	199	N
8. Charola de virutas	225	175	S
9. Empaque	110	225	N

*Código del componente que debe preceder inmediatamente a esta pieza.

5. Prepare un diagrama de proceso para cepillar sus dientes.
6. Seleccione una actividad con la cual esté familiarizado y que tenga por lo menos seis pasos, por ejemplo: cambiar el aceite de su automóvil, rellenar una engrapadora o encender y acceder a un programa de su computadora personal. Prepare un diagrama de proceso para la actividad.
7. a. Prepare un diagrama de proceso de la información que se da a continuación.
b. Explique de qué manera un diagrama de proceso de este tipo podría ser utilizado.

Tareas de ensamble para el termómetro modelo 245B

Descripción de la tarea	Distancia recorrida (cm)	Tiempo necesario (min)
1. Obtener la base, orientar en la posición correcta	61	0.08
2. Obtener circuito, fijar a la base	46	0.06
3. Obtener arnés de cableado, conectar a base y a circuito	51	0.17
4. Posicionar la unidad, conectar a prueba de circuito	30	0.10
5. Esperar prueba de circuito, parar si falla la unidad o suena la alarma	—	0.15
6. Obtener ensamble de despliegue y fijar a la base	46	0.06
7. Fijar arnés de cableado al ensamble de despliegue	—	0.05
8. Obtener carcaza exterior, sujetar a la unidad de base	51	0.08
9. Posicionar la unidad, conectar a la prueba final	30	0.10
10. Esperar la prueba final, detener si falla la unidad o suena la alarma	—	0.20
11. Colocar la unidad en empaque, cierre empaque, colocar en tolva	61	0.13

8. a. Prepare un diagrama de procesos para la información que se da a continuación.
 b. Explique de qué manera se podría utilizar este diagrama de proceso.

Tareas de ensamble para el sacapuntas modelo D-41		
Descripción de la tarea	Distancia recorrida (cm)	Tiempo necesario (min)
1. Obtener motor y sujetar	51	0.05
2. Obtener ensamble de corte, sujetar a motor	61	0.08
3. Obtener la base, sujetar motor y ensamble de corte a base	61	0.12
4. Obtener carcasa, posicionar correctamente	46	0.05
5. Obtener cable eléctrico, insertar en carcasa	30	0.07
6. Colocar unidad de carcasa al lado de la unidad base, conectar cable eléctrico al motor	15	0.10
7. Sujetar unidad de carcasa a unidad de base utilizando tres tornillos	30	0.25
8. Colocar cuatro patas de hule a la base	38	0.15
9. Obtener charola de virutas, insertar en unidad	51	0.06
10. Posicionar unidad, conectar a prueba eléctrica	30	0.08
11. Esperar prueba, detener si la unidad falla y suena la alarma	—	0.07
12. Colocar la unidad en empaque, cerrar empaque, colocar en tolva	61	0.16

Análisis económico

9. Una empresa está considerando la adquisición de una máquina para utilizarla en la producción de un nuevo producto. El precio de venta del nuevo producto será de 47 dólares por unidad; su demanda anual todavía es muy incierta. Se están tomando en consideración tres máquinas diferentes que podrían producir dicho producto. La máquina A tendría un costo fijo anual de 28 mil 750 dólares y un costo variable unitario de 25 dólares. La máquina B tendría un costo fijo anual de 34 mil 500 dólares y un costo variable unitario de 23 dólares. La máquina C tendría un costo fijo anual de 26 mil 250 dólares y un costo variable unitario de 27 dólares. Calcule la cantidad anual asociada al punto de equilibrio de cada una de las máquinas.
10. Una empresa necesita reemplazar una máquina vieja utilizada para la producción de su producto principal. El precio de venta del producto será de 219 dólares por unidad. Se están tomando en consideración dos máquinas diferentes que podrían producir el producto. La máquina A tendría un costo fijo anual de nueve mil 500 dólares y un costo variable por unidad de 119 dólares. La máquina B tendría un costo fijo anual de siete mil 900 dólares y un costo variable unitario de 128 dólares.
- a. Calcule la cantidad anual del punto de equilibrio para cada una de las máquinas.
 b. Con base en el costo anual, ¿a qué volumen anual le resultaría indiferente a la empresa la adquisición de la máquina A o B?
11. Una empresa está intentando decidir si debe adquirir un componente de un proveedor, producirlo utilizando ensamble manual o producir el componente utilizando un sistema de ensamble automatizado. A continuación aparecen los datos sobre los cuales se tomará la decisión:

	Compra (dólares)	Producción-Ensamble manual	Producción-Ensamble automatizado
Volumen anual del componente	250,000	250,000	250,000
Costo fijo por año	0	750,000	1,250,000
Costo variable por pieza	10.50	8.95	6.40

- a. Con base en estos datos, ¿qué alternativa es la mejor?
 b. ¿A qué volumen anual del componente le resultaría a la empresa indiferente el comprar la pieza o producirla con ensamble automatizado?

- c. ¿A qué volumen anual le resultaría a la empresa indiferente producir la pieza con un ensamble manual o automatizado?
- d. ¿Qué otras consideraciones tendrían importancia en esta decisión?
12. Joe Bordoli, gerente de oficinas de una gran empresa de contadores, desea adquirir una nueva máquina copiadora. Se están considerando dos marcas de máquinas, Zenon y Matrox. La copiadora Zenon resultaría en un costo fijo anual de dos mil 760 dólares y un costo variable de 0.061 centavos de dólar por copia. La copiadora Matrox tendría un costo fijo anual de cuatro mil 135 dólares y un costo variable de 0.052 centavos de dólar por copia.
- a. Si el señor Bordoli espera que se saquen 125 mil copias al año, ¿qué copiadora deberá adquirirse con base en el costo anual?
- b. Si el señor Bordoli espera que se saquen 165,000 copias al año, ¿qué copiadora deberá adquirirse con base en el costo anual?
- c. Con base en el costo anual, ¿a qué volumen anual de copias le resultaría indiferente al señor Bordoli adquirir la máquina Zenon o Matrox?
- d. ¿Para qué rango de volúmenes anuales de copias se preferiría cada una de las máquinas?
- e. ¿Qué factores diferentes al costo anual deberían tomarse en consideración en la selección de una copiadora?
13. Grey's Manufacturing produce piezas maquinadas para la industria de los astilleros en Boston. Su fábrica es ahora un taller de tareas convencional enfocado al proceso con departamentos organizados alrededor de los tipos de maquinados que las piezas necesitan. Después de un estudio de ingeniería, la gerencia de Grey's está pensando en una propuesta para sacar una familia de componentes del taller de tareas y colocarla en una nueva celda de manufactura. La demanda de esta familia de componentes se mantiene bastante estable de un año al siguiente y los pedidos para estas piezas incluyen lotes de tamaño moderado. El costo de operar el taller de tareas se espera se conservará sin modificación. La decisión se basará en si los componentes en la familia pueden ser manufacturados más económicamente en un taller de tareas o en una manufactura celular.

	Taller de tareas actual	Manufactura celular propuesta
Volumen anual de producción (partes en la familia)	80,000	80,000
Costos fijos anuales	25,000 dólares	220,000 dólares
Costo variable por pieza	10.40 dólares	7.80 dólares

- a. ¿Deberá aceptarse la propuesta de la celda de manufactura?
- b. ¿Cuál será el ahorro anual en costo si se acepta la propuesta?
- c. ¿A qué volumen de piezas resultaría indiferente para la gerencia de Grey's la propuesta?
- d. ¿Qué otras consideraciones podrían afectar la decisión para aceptar la propuesta?
14. Vuelva a ver el problema 12. Ahora Joe Bordoli desea considerar una copiadora Cantrell además de las copiadoras Zenon y Matrox. La copiadora Cantrell le daría un costo anual de cuatro mil 865 dólares y un costo variable de 0.043 centavos de dólar por copia.
- a. Si espera el señor Bordoli que se saquen 125 mil al año, ¿qué copiadora deberá adquirirse con base en el costo anual?
- b. Si el señor Bordoli espera que se saquen 165 mil al año, ¿qué copiadora deberá adquirirse en base al costo anual?
- c. En base al costo anual, ¿a qué volúmenes anuales de copias le resultaría indiferente al señor Bordoli las alternativas Zenon contra Matrox, entre Matrox contra Cantrell y entre Zenon contra Cantrell?
- d. ¿Para qué rango de volumen anual de copias se preferiría cada una de las máquinas?
- e. ¿Qué factores distintos al costo anual deberían considerarse en la selección de una copiadora?
15. Una ciudad está pensando en modificar la manera en que factura a los clientes el uso de

la electricidad. En vez de facturarles con base en lecturas mensuales del medidor, la nueva propuesta les facturaría una tasa fija mensual de 300 dólares. Sin la tasa fija, el costo mensual de los clientes de servicio es de una distribución normal, con una media de 270 dólares y una desviación estándar de 40 dólares.

- ¿Cuál es la probabilidad que los clientes paguen más que la tasa fija?
- ¿Cuál es la utilidad mensual esperada por cliente de esta propuesta?

16. Un fabricante de muebles adquiere un producto de un proveedor y lo almacena para su reventa a sus clientes. El contrato de suministro entre el fabricante y el proveedor estipula lo siguiente:

Año	Cantidad de productos por año	Precio/Producto (dólares)	Cargos por herramientas (dólares)
1	1,000	350	10,000
2	1,500	375	20,000
3	2,500	395	30,000
4	3,500	420	35,000
5	4,500	450	50,000

El proveedor ha informado a la empresa que ya no podrá cumplir con su anterior acuerdo de suministro más allá del primer año. El fabricante cree que se puede obtener otro proveedor para cumplir el resto del contrato, pero también desea considerar fabricar el producto en casa y ha desarrollado dos planes para la producción del producto en casa, un proceso automatizado y uno convencional. Los dos planes tienen los costos siguientes:

Año	Proceso automatizado			Proceso convencional		
	Primer costo (dólares)	Cargos de herramental (dólares)	Costo/Unidad (dólares)	Primer costo (dólares)	Cargos de herramental (dólares)	Costo/Unidad
2	1,000,000	20,000	125	250,000	30,000	275
3		30,000	145		40,000	290
4		35,000	150		45,000	310
5		50,000	200		60,000	360

Suponga que número de productos por año será el mismo que el proyectado en el contrato de suministro anterior.

- Dibuje un diagrama de barras vertical mostrando los costos anuales para los años tres al cinco para estas tres alternativas: proveedor, automatizada y convencional. ¿Cómo se comparan estas tres alternativas en los costos anuales?
- Dibuje una gráfica que muestre los costos acumulados para las tres alternativas para los años tres a cinco. ¿Durante qué años el proceso automatizado empezaría a mostrar una ventaja en costo sobre las alternativas de proveedor y de diseño convencional?
- Si la empresa sigue su recomendación del inciso b, ¿cuánto dinero se ahorrará sobre lo que se habría pagado al proveedor a lo largo del periodo de cuatro años?

CASOS

COMPUTER PRODUCTS CORPORATION (CPC)

Abe Landers es planeador de la producción en la planta de Austin, Texas de Computer Products Corporation (CPC). Recientemente, ha estado preparándose para su examen de certificación para la American Production and Inventory Control Society (APICS). Una sección del examen requiere que los candidatos que tomen la prueba estén familiarizados con los diagramas de ensamble y de procesos. Abe ha desarrollado dos ejemplos de la planta CPC para ilustrar el uso de estas herramientas de planeación de la producción. Ha reunido la siguiente in-

formación sobre un ensamble de microprocesador que se utiliza en una de las unidades de disco flexible de CPC:

Lista de componentes para el ensamble del microprocesador Z44

Descripción del componente	Código del componente	Código del componente predecesor	¿Inspección requerida después de la instalación del componente?
1. Tarjeta de circuito impreso	pc551	—	No
2. Juego de transistores	t6798	pc551	Sí
3. Juego de chip ROM	i8088	t6798	Sí
4. Juego de chip RAM	j88000	i8088	Sí
5. Empaque	p65	j88000	No

Tareas de ensamble para el ensamble del microprocesador Z44

Descripción de la tarea	Distancia recorrida (cm)	Tiempo necesario (min)
1. Obtener tablero PC, y colocar en dispositivo	35	0.05
2. Insertar juego de transistores en tablero	30	5.69
3. Asentar, doblar y cortar	—	1.55
4. Inspeccionar ensamble	—	2.55
5. Insertar juego ROM	56	3.50
6. Asentar, doblar y cortar	—	1.25
7. Inspeccionar ensamble	—	2.50
8. Insertar juego RAM	51	2.75
9. Asentar, doblar y cortar	—	1.25
10. Inspeccionar ensamble	—	2.25
11. Colocar ensamble en la máquina de soldadura y recuperar	396	6.35
12. Inspeccionar ensamble	—	2.00
13. Colocar ensamble en empaque para transporte y colocarlo en tolva	69	0.50

Tarea

1. Prepare un diagrama de ensamble para el ensamble del microprocesador Z44.
2. Prepare un diagrama de proceso para el ensamble del microprocesador Z44.
3. ¿En qué se pueden utilizar estos diagramas en el diseño de procesos?

INFINITY PRINTING COMPANY

Jenny O'Connell es gerente de producción en Infinity Printing Company, negocio de impresión mediano en el este de Connecticut. Recientemente un número creciente de clientes se ha quejado sobre la calidad de la encuadernación de sus libros. Después de una junta de los principales gerentes de Infinity, la culpa del problema se ubicó en la máquina encuadernadora de la empresa de 30 años. Se tomó la decisión de reemplazar la máquina encuadernadora por otra que deberá durar los 10 años siguientes. Se asignó a Jenny O'Connell la tarea de evaluar diferentes máquinas encuadernadoras y de hacer una recomendación a la gerencia superior sobre cuál adquirir.

Después de un análisis inicial, la señora O'Connell redujo los candidatos a dos máquinas encuadernadoras, un modelo 76-C de Gunderson y un modelo 1203B de Matsunita. Como parte de su evaluación, desea comparar el costo anual de cada máquina. Para la máquina Gunderson, el costo fijo anual sería de 64 mil 550 dólares y el costo variable promedio por libro, de 1.35 dólares. En el caso de la máquina Matsunita, el costo fijo anual sería de 78 mil 750 dólares y el costo variable promedio por libro, de 1.20 dólares. El año pasado Infinity imprimió y encuadernó 81 mil 300 libros, y se espera un incremento anual de 5% para este volumen.

Tarea

1. Pronostique el volumen anual de libros para cada uno de los siguientes 10 años, con base en el crecimiento esperado sobre el volumen del año pasado.

2. Con el volumen esperado sólo del año próximo, ¿qué máquina sería la preferida en base al costo anual?
3. Con el volumen esperado sólo en el año 10, ¿qué máquina sería la preferida?
4. En base al costo anual, ¿a qué volumen anual le resultaría indiferente a la empresa adquirir cualquiera de las máquinas?
5. En cada uno de los diez años, ¿cuál sería la máquina preferida con base en el costo anual?
6. ¿Qué máquina debería recomendar Jenny O'Connell con base únicamente en el costo anual?
7. ¿Qué factores, aparte del costo anual, deberían tomarse en consideración en esta decisión?

AIRSOFT ATHLETIC SHOES COMPANY

Hernández Mendoza es el gerente de producción en Airsoft Athletic Shoes, fabricante de zapatos para correr de alta calidad. El señor Mendoza desearía automatizar el proceso de pegado de las suelas de los zapatos a la parte superior, proceso que actualmente se hace a mano. Cinco empresas ofrecen máquinas automatizadas que realizan este proceso, pero varían en costo inicial y en costo de operación. Debido a la competencia siempre variable en la industria de los zapatos para correr, las ventas de Airsoft varían de una manera importante de un año a otro y son difíciles de pronosticar con precisión.

El señor Mendoza cree que una parte de su análisis de selección de máquinas debe ser evaluar el costo anual de cada una de ellas. La incertidumbre del volumen anual de ventas ha hecho más difícil la comparación de los costos anuales de lo que él esperaba. El señor Mendoza ha decidido que sería de gran utilidad obtener un rango de volúmenes anuales en los cuales cada una de las máquinas resultaría ser la alternativa preferida. El costo fijo anual y el costo variable por zapato de cada una de las máquinas aparece a continuación.

	Costo fijo anual (dólares)	Costo variable/ zapato (dólares)
Máquina A	20,500	0.83
Máquina B	28,200	0.59
Máquina C	21,100	0.85
Máquina D	11,900	0.99
Máquina E	29,600	0.68

Tarea

1. Reorganice la información de costos de máquina en orden creciente de costo fijo anual. ¿Existen algunas máquinas claramente inferiores a cualquier otra? De ser así, elimínelas del análisis posterior.
2. Dibuje una gráfica con el costo anual total en el eje vertical y el volumen o cantidad anual en el horizontal. Trace la línea total de costos de cada una de las máquinas restantes. Para trazar la línea de cada máquina, escoja arbitrariamente dos valores de cantidad anual (por ejemplo, $Q = 0$ y $Q = 70,000$) y calcule el costo total de cada una de estas cantidades. Entonces, conecte los dos puntos de su gráfica.
3. ¿Para qué rango de volúmenes anuales resulta cada máquina la alternativa preferida, basándose sólo en el costo anual? (Calcule solamente aquellos puntos de indiferencia que sean necesarios para responder la pregunta.)
4. ¿Qué factores distintos al costo anual deberían tomarse en consideración en la selección de la máquina?

NOTAS FINALES

1. "Firms Dismantle Old Hierarchies as Troubles Grow," *San Antonio Express-News*, 26 de diciembre, 1992, 7C.
2. "Overhaul in Japan," *Business Week*, 21 de diciembre, 1991, 82.
3. Mitrofanov, S. P. *Scientific Principles of Group Technology*, 1958, traducido por E. Harris. England: National Lending Library for Science and Technology, 1966.
4. Frazier, Gregory V., and Mark T. Spriggs. "Achiev-

- ing Competitive Advantage through Group Technology." *Business Horizons* (Mayo-Junio 1996): 83-90.
5. Shostack, G. Lynn. "Designing Services that Deliver." *Harvard Business Review* (enero-febrero 1984): 135.
 6. www.wal-mart.com.
 7. Womack, James P., Daniel T. Jones, y Daniel Roos. *Rawson Associates*, 1990, como se describe en "So Long Henry Ford." *Business Week*, 31 de diciembre, 1990, 24.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Buzzell, Robert O. "Is Vertical Integration Profitable?" *Harvard Business Review* 61 (enero-febrero, 1983): 92-102.
- Carr, David K., y Henry J. Johansson. *Best Practices in Reengineering: What Works and What Doesn't in the Reengineering Process*. Nueva York: McGraw-Hill, 1995.
- Cox, James F., III, John H. Blackstone, Jr., y Michael S. Spencer, eds. *APICS Dictionary*, 8th ed. Falls Church, VA: APICS—The Educational Society for Resource Management, 1995.
- Feitzinger, Edward, y Hau L. Lee. "Mass Customization at Hewlett-Packard: The Power of Postponement." *Harvard Business Review* 75 (enero-febrero, 1997): 116-21.
- Frazier, Gregory V., y Mark T. Spriggs. "Achieving Competitive Advantage Through Group Technology." *Business Horizons* 39, no. 3 (mayo-junio, 1996): 83-90.
- Gaither, N., Gregory V. Frazier, y Jerry C. Wei. "From Job Shops to Manufacturing Cells." *Production and Inventory Management Journal* 31, no. 4 (Cuarto trimestre, 1990): 33-36.
- Gilmore, James H., y B. Joseph Pine II. "The Four Faces of Mass Customization." *Harvard Business Review* 75 (enero-febrero, 1997): 91-101.
- Hammer, Michael. *Beyond Reengineering: How the Process-Centered Organization Is Changing Our Work and Our Lives*. New York, HarperCollins, 1997.
- Harrigan, K. R. *Strategies for Vertical Integration*. Lexington, MA: Heath, 1983.
- Hayes, Robert H., y Steven C. Wheelwright. "Link Manufacturing Process and Product Life Cycles." *Harvard Business Review* 57 (enero-febrero, 1979): 133-140.
- Hope, Christine, Alan Muhlemann, y Christine Witt. *Service Operations Management: Strategy, Design and Delivery*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- Hyer, N. L., y U. Wemmerlov. "Group Technology and Productivity." *Harvard Business Review* 62 (julio-agosto, 1984): 140-149.
- Kamath, Rajan R., y Jeffrey K. Liker. "A Second Look at Japanese Product Development." *Harvard Business Review* 72 (noviembre-diciembre, 1994): 154-170.
- Kumpe, Ted, y Piet T. Bolwijn. "Manufacturing: The New Case for Vertical Integration." *Harvard Business Review* 66 (marzo-abril, 1988): 75-81.
- Lampel, Joseph, y Henry Mintzberg. "Customizing Customization." *Sloan Management Review* 38, no. 1 (otoño 1996): 21-30.
- Levitt, T. "The Industrialization of Services." *Harvard Business Review* 54 (1976): 41-52.
- Levitt, Theodore. "Production Line Approach to Service." *Harvard Business Review* 50 (septiembre-octubre, 1972): 41-52.
- Mitrofanov, S. P. *Scientific Principles of Group Technology*, 1958, traducido por E. Harris. England: National Lending Library for Science and Technology, 1966.
- Prasad, Biren. *Concurrent Engineering Fundamentals: Integrated Product and Process Organization*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.
- Ramaswamy, Rohit. *Design and Management of Service Processes: Keeping Customers for Life*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1996.
- Shostack, G. Lynn. "How to Design a Service." *European Journal of Marketing* 16, no. 1 (1982): 49-63.
- Upton, David M., and Stephen E. Macadam. "Why (and How) to Take a Plant Tour." *Harvard Business Review* 75 (mayo-junio, 1997): 97-106.

CAPÍTULO 5

TECNOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN: SELECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN



Introducción

Proliferación de la automatización

Tipos de automatización

Aditamentos para máquina

Máquinas de control numérico

Robots

Inspección automatizada del control de calidad

Sistemas automáticos de identificación

Controles automatizados de procesos

Sistemas de producción automatizados

Líneas de flujo automatizadas

Sistemas de ensamble automatizados

Sistemas flexibles de manufactura

*Sistemas automatizados de almacenamiento
y recuperación*

Fábricas del futuro

CAD/CAM

Manufactura integrada por computadora

Características de las fábricas del futuro

Automatización en los servicios

Problemas de automatización

¿Producción de alta, media o baja tecnologías?

Incorporación de flexibilidad en la manufactura

Justificación de los proyectos de automatización

Administración del cambio tecnológico

*Desplazamiento, capacitación y reentrenamiento
de los trabajadores*

Decisión entre alternativas de automatización

Análisis económico

Enfoque de la escala de calificación

Enfoque de las calificaciones relativas agregadas

Recopilación: lo que hacen los productores de clase mundial

Preguntas de repaso y análisis

Tareas en Internet

Problemas

Casos

Golden Kernal Processing Company I y II

Western Arizona University

Notas finales

Bibliografía seleccionada

Material en propiedad intelectual por derecho autorskim

VENTAJAS ESTRATÉGICAS DE LA TECNOLOGÍA

¿Qué tienen en común Intel y Wal-Mart? Que ambas tienen mucho éxito usando la tecnología para mejorar sus operaciones.

Desde hace mucho tiempo, la creación y aplicación de nuevas tecnologías ha sido clave para lograr el éxito económico. Sin embargo, en el mundo actual, los empresarios se encuentran con nuevas presiones ocasionadas por mayores necesidades de recursos para financiar adelantos tecnológicos, así como a la velocidad cada vez más rápida de difusión global de la tecnología. Esto requiere pensar estratégicamente en la tecnología más allá del simple desarrollo de nuevos productos o servicios.¹

Veamos por ejemplo la industria de los lentes ópticos de alta precisión, que se utilizan en una amplia diversidad de aplicaciones, desde los láser y las fibras ópticas comerciales, hasta en equipo médico y militar. La naturaleza costosa y la mano de obra, que implica la manufactura de lentes de alta precisión, ha dificultado a las empresas estadounidenses que los fabrican competir contra empresas ubicadas en países con bajos costos de mano de obra. Pero, conforme los procesos de manufactura se automatizan más, se hacen cada vez más intensivos en el uso de capital, en lugar de mano de obra, y entonces las empresas de Estados Unidos podrán competir en igualdad de condiciones. A fin de lograr estos objetivos, el Center for Optics Manufacturing en Rochester, Nueva York, consorcio tripartita patrocinado por el gobierno estadounidense, las universidades y la industria, se ha ocupado durante los últimos años de desarrollar formas prácticas y económicas de automatizar la manufactura de los lentes de alta precisión.²

El uso de la tecnología para lograr una ventaja estratégica no está limitado a la manufactura. Los adelantos en la tecnología de computación y de la información han permitido, a muchas organizaciones de servicio, aprovecharlos a fin de hacerse más competitivas.

Ciertamente, estos tiempos son emocionantes para el estudio de la administración de las operaciones. Somos optimistas al leer informes sobre el uso de tecnología de punta en el piso del taller de nuestras fábricas y en nuestras operaciones de servicio. Aunque la batalla final para la competitividad deberá librarse en el piso de las fábricas, resulta demasiado fácil despreciar los procesos de producción de las plantas en el impetuoso entorno actual de fusiones multimillonarias, de programas de publicidad por miles de millones de dólares, de acuerdos comerciales internacionales y de enormes movimientos en las tasas de cambio. Sin embargo, será hacia el piso del taller que en este capítulo dirigiremos nuestra atención al explorar los temas importantes de cómo seleccionar y administrar nuevas tecnologías, de forma que los sistemas de producción puedan emplearse como arma competitiva en la captura de los mercados mundiales.

La tecnología de producción avanzada o de producción de alta tecnología implica la aplicación de los últimos descubrimientos científicos o de ingeniería al diseño de los procesos de producción. La Instantánea industrial 5.1 describe lo que hace una empresa en búsqueda de nueva tecnología para sus procesos de producción. "Nueva tecnología" puede ser una amplia gama de adelantos tecnológicos, científicos y de ingeniería. Además, nueva tecnología de producción también significa casi siempre que tanto la tecnología de la información como la automatización se han integrado en los procesos de producción.

Hace mucho tiempo, automatización significaba reemplazar el esfuerzo humano por el esfuerzo de máquinas, pero esto ya no es cierto. La tecnología de la producción ha sobrepasado ampliamente esa antigua manera de pensar. Hoy día, **automatización** significa la integración, con fines estratégicos, de un amplio abanico de información avanzada y de descubrimientos de ingeniería de punta en los procesos de producción.

PROLIFERACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN

Las empresas de Estados Unidos están invirtiendo enormes sumas en proyectos de automatización de fábricas, pero aún así en algunas ramas industriales siguen rezagadas respecto a los fabricantes japoneses. Los fabricantes estadounidenses se tardaron en reconocer la totalidad de los beneficios que se obtendrían con la automatización. Al principio, creían que la principal ventaja que obtendrían era el

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.1

NORTHROP GRUMMAN BUSCA NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN

Northrop Grumman es un fabricante estadounidense de aviones militares. El ensamble de las aeronaves es una operación costosa debido a la gran cantidad de mano de obra y a problemas esporádicos de calidad relacionados con la perforación de millones de barrenos todos los años. Por cada avión se perforan y sujetan manualmente más de 70,000 barrenos en cada uno de los bastidores militares de la Northrop Grumman, lo que representa casi 44% del costo total del ensamble.

El método actual de perforación y abocardado de barrenos para una instalación más rápida utiliza dispositivos de barrenado diferentes para cada ensamble y subensamble

procesado, a un costo promedio de 50,000 dólares cada uno. Se requieren en cada programa mucho más de 900 dispositivos convencionales de barrenado para el ensamble del bastidor de la nave. Cada dispositivo de barrenado se construye siguiendo un proceso laborioso. Ocurren variaciones en la calidad de los barrenos perforados, porque cada taladrador controla la velocidad y el avance de la perforación, mientras se hace el barreno utilizando un taladro neumático manual.

Northrop Grumman está muy interesado en encontrar nuevas tecnologías de la producción para modernizar sus operaciones de manufactura, en particular su proceso

de taladrado de barrenos. El objetivo de su modernización es identificar oportunidades de automatización para sus líneas de ensamble, que incrementen la flexibilidad y al mismo tiempo reduzcan el costo por mano de obra directa y mejoren la calidad. Además, a fin de incrementar la calidad y eficiencia de los procesos de ensamble, se deberán identificar áreas donde la automatización pueda eliminar la necesidad de muchos de los dispositivos de ensamble y plantillas de barrenado actualmente en uso, reduciendo así tanto los costos de herramienta recurrentes como los no recurrentes.

Fuente: Bullen, George N. "The Mechanization/Automation of Major Aircraft Assembly Tools". *Production and Inventory Management Journal* 38, no. 3 (1997): 84-87.

ahorro en costos de mano de obra, por lo que las empresas estadounidenses tendieron a trasladar la producción al exterior, a Taiwán, Corea, México y otros países con salarios de mano de obra más bajos, en vez de invertir en proyectos de automatización en sus propias plantas. La persecución de bajos costos de mano de obra fuera del país dio como resultado transferir tecnologías anticuadas hacia el exterior, encontrarse atado a tasas de cambio desfavorables y el fracaso de las empresas estadounidenses al no hacer avanzar su propia tecnología de la producción. Durante un tiempo, por lo tanto, los fabricantes estadounidenses obtuvieron ahorros a corto plazo en la mano de obra, sacrificando la oportunidad que puede dar la automatización de obtener muchas ventajas de desempeño a largo plazo. Ahora, los proyectos de automatización se inician no sólo debido a ahorros en la mano de obra, sino con la finalidad de tener un producto de mejor calidad, una producción rápida y una entrega pronta de los productos y, cuando utiliza una automatización flexible, mayor flexibilidad en los productos. La Instantánea industrial 5.2 ilustra el impacto causado en Estados Unidos por la adopción de nuevas tecnologías de producción en la productividad de los trabajadores.

En este capítulo analizaremos los tipos de automatización, los sistemas de producción automatizados, las fábricas del futuro, la automatización en los servicios y otros temas sobre automatización.

TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

Los enormes avances en el campo de la automatización industrial han hecho aparecer miles de máquinas automatizadas, con características diversas. Los siguientes tipos de automatización son particularmente importantes: los aditamentos para máquina, las máquinas de control numérico, los robots, la inspección automatizada del control de calidad, los sistemas de identificación automática y los controles automáticos de los procesos. La tabla 5.1 describe estos tipos, con ejemplos de cada uno.

ADITAMENTOS PARA MÁQUINA

Los **aditamentos para máquina** se añaden a las máquinas, son por lo general relativamente económicos, que reducen el esfuerzo humano y el tiempo requerido para realizar una operación. Estos aditamentos representan la tecnología más antigua en automatización y, por lo general, están presentes en todos los sistemas de producción.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.2

IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

Este último trimestre, los trabajadores estadounidenses alcanzaron el incremento de productividad más elevado en cinco años ya que finalmente pudieron las empresas obtener los beneficios de importantes inversiones en equipo y tecnología. Una razón clave para este incremento súbito: un estallido de 9.8%, el mejor en 15 años, en la productividad de las empresas manufactureras estadounidenses, que representan 18% del volumen total. El incremento súbito es el resultado de los miles de millones de dólares desembolsados modernizando empresas, adquiriendo equi-

po, actualizando computadoras y adoptando programas de calidad.

Por ejemplo, Bison Gear & Engineering en St. Charles, Illinois, se mudó en mayo a una nueva planta de ocho millones de dólares, elevando desde entonces el volumen de producción en 9% de un año al otro. La mudanza consolidó 175 trabajadores de tres edificios a uno solo, con maquinaria nueva y un sistema telefónico "que hace de todo, menos tostar pan", según manifiesta el CEO de Bison, Ron Bullock.

La productividad en Ball-Foster Glass Container en El Monte, California, se ha elevado 5% desde el

año pasado, gracias a equipo nuevo y a un programa para la administración de la calidad total, que "elevó las expectativas para hacerlo mejor que antes" para los 300 trabajadores de la fábrica, según informa el gerente de planta, Rich O'Neil.

El salto en productividad ocurrido en octubre hace que se vuelva a tener esperanza en que los incrementos en productividad alcanzarán otra vez un nivel de crecimiento de 2.5% al año, terminando así una confusa era de 10 años de incrementos de 1% anual en los volúmenes por trabajador por hora.

Fuente: Belton, Beth. "U.S. Workers' Productivity Jumps 4.5%". *USA Today*, 14 de noviembre, 1997, 1B.

TABLA 5.1

TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

Tipos de máquinas	Descripción	Ejemplos
Aditamentos para máquina	Máquinas que sustituyen el esfuerzo humano por esfuerzo mecánico y que típicamente llevan a cabo una o unas cuantas labores sencillas.	Aditamentos para alimentación por cargador, dispositivos para centrado y sujeción en tornos, alimentadores de tiras para máquinas troqueladoras, tolvas vibradoras con báscula que dejan caer cargas de productos químicos en recipientes a la espera.
Máquinas de control numérico	Máquinas con sistemas de control que leen instrucciones y las traducen en operaciones de máquina.	Tornos, fresadoras, máquinas para fabricación de llantas, máquinas de curado, tejedoras.
Robots	Manipuladores para uso general, reprogramables, multifunción, que tienen algunas características fisiológicas parecidas a las humanas.	Máquinas que soldan, pintan, ensamblan, inspeccionan la calidad, sujetan, transportan y almacenan.
Inspección automatizada del control de calidad	Máquinas automatizadas que realizan una parte o la totalidad del proceso de inspección de calidad.	Verificaciones de circuitos electrónicos, verificación de funciones dirigidas por computadora, robots pesadores, sistemas flexibles de inspección
Sistemas automáticos de verificación	Tecnologías utilizadas en la adquisición automática de datos del producto para su introducción en computadora.	Sistemas de código de barras, conteo de inventarios, conteo o captura de datos para control en el piso de planta, sistemas para modificar el ajuste de las máquinas de producción.
Controles automatizados de los procesos	Sistemas por computadora que reciben datos de los procesos de producción y envía modificaciones a los ajustes del proceso.	Sistemas de control para máquinas laminadoras en la manufactura de llantas, calandrias en el procesamiento de películas de plástico, unidades de descomposición térmica en refinerías de petróleo.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.3

UNA DE LAS PRIMERAS MÁQUINAS N/C

Una de las primeras demostraciones de una máquina de control numérico ocurrió en MIT a principios de los años 50. Se trataba de una máquina fresadora Cincinnati vertical que había sido modificada en el laboratorio de servomecanismos de MIT para que operara a partir de información proveniente de una cinta perforada. En esa ocasión, estaba maquinando un aditamento para soporte de ala para un B47. El aditamento se maquinaba par-

tiendo de un bloque sólido de magnesio; el bloque terminado resultaba tan complejo que sólo pesaba 10% del bloque original. El operario sólo oprimía un botón para iniciar el ciclo; la máquina, entonces, efectuaba el ciclo de desbastado, operando en tres planos simultáneamente. Una vez terminado el ciclo, sonaba una campana, para atraer la atención del operario, quien retiraba algunas rebabas y oprimía el botón para el ciclo de

corte de acabado, mismo que la máquina terminaba con rapidez. Las únicas operaciones efectuadas por el operario eran colocar la pieza en la máquina, arrancarla, retirar algunas rebabas con el cepillo y quitar la pieza terminada. En esa ocasión, el operario casualmente era estudiante de leyes en Harvard y era la primera máquina herramienta que operaba.

Fuente: Maynard, H. B. *Industrial Engineering Handbook* p. 1/101, Nueva York: McGraw-Hill, 1963.

MÁQUINAS DE CONTROL NUMÉRICO

Al desarrollarse una amplia gama de aplicaciones para este importante logro tecnológico, las **máquinas de control numérico (N/C**, por sus siglas en inglés) se convirtieron en el periodo 1950-1980 en las heroínas de las máquinas automáticas. Estos aparatos se programan mediante una cinta magnética o computadoras, para realizar repetidamente un ciclo de operaciones. Las máquinas tienen un sistema de control que lee las instrucciones y las traduce en operaciones; sus ajustes los efectúa el sistema de control, en lugar de seres humanos. La Instantánea industrial 5.3 describe uno de los primeros experimentos con máquinas N/C.

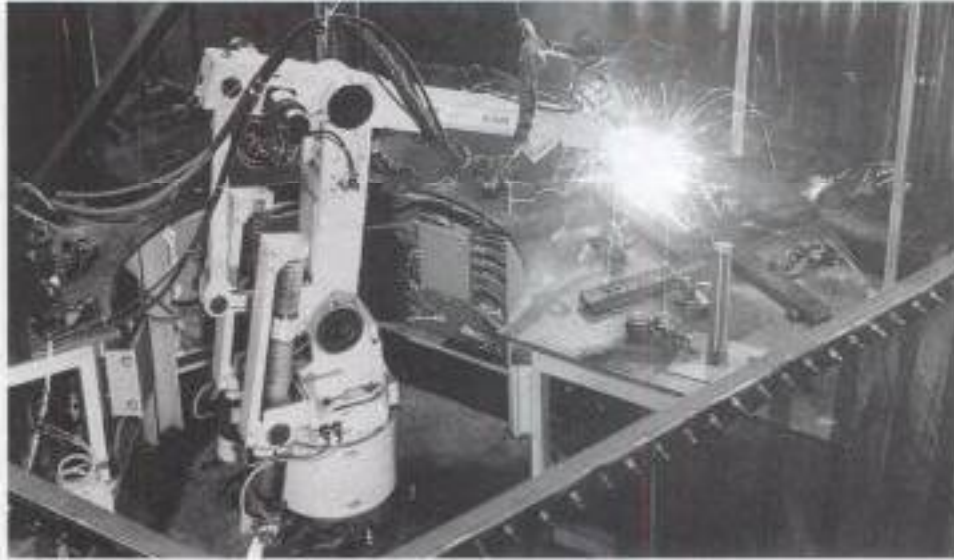
Con el paso de los años, las máquinas N/C han evolucionado; las primeras utilizaban cintas de papel con perforaciones, mismas que representaban las instrucciones de máquina. Posteriormente, algunas máquinas N/C incorporaron el cambio automático de herramientas. Junto con los adelantos en computación, llegaron las máquinas de control numérico por computadora (CNC). Conforme se siguió incrementando la complejidad de la computación, se desarrollaron máquinas de control numérico directo (DNC), que colocaban varias máquinas bajo el control de una sola computadora.

Las máquinas N/C son máquinas automatizadas importantes por derecho propio. Cuando sus programas se han desarrollado eficientemente y sus herramientas se han diseñado con eficacia, tienen gran flexibilidad para que se destinen a la fabricación de otros productos, por lo que se utilizan extensivamente en talleres de tareas, enfocados a los procesos. También, las máquinas de control numérico representan una etapa evolutiva importante en el avance hacia lo último en máquinas automatizadas, es decir, los robots.

ROBOTS

Joseph Engleberger, proclamado internacionalmente padre de la robótica industrial, desarrolló el primer robot para uso industrial. Lo instaló en 1959 para descargar una máquina de fundición por inyección en una planta de General Motors.³ Hoy día, la **robótica** es un campo en rápido desarrollo, en el que máquinas de tipo humano ejecutan tareas de producción. El Robotic Institute of America define un robot industrial como: *un manipulador reprogramable, multifuncional, diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos variables programados para desempeñar diversas tareas*. El cerebro de estas máquinas es una

Los robots puede operar en condiciones desfavorables para los seres humanos, como en situaciones de calor, ruido u oscuridad extremas.



microcomputadora que, una vez programada, guía a la máquina a través de sus operaciones determinadas. Conforme aumenta la cantidad de robots se reduce su precio, por lo que estos dispositivos seguramente se harán más comunes.

Es impresionante la diversidad de robots que ofrecen los proveedores actuales, y los tipos de cosas que pueden hacer son realmente asombrosas. Los robots pueden mover sus brazos alrededor de ejes verticales, radiales y horizontales, y sujetar herramientas como pistolas para soldadura de punto, herramientas de soldadura de arco, pistolas de pintura, husillos giratorios para máquinas de corte de metal, desarmadores, sopletes, calentadores y herramientas de corte impulsadas por chorro de agua.

Los robots tienen sujetadores en el extremo de sus brazos que son dispositivos de vacío, magnéticos o adhesivos; también tienen sensores que hacen que los sujetadores y los brazos puedan colocarse en posiciones precisas durante el desempeño de su trabajo. A continuación, se dan los tipos más comunes de sensores:

1. **Sensores táctiles**, que son de dos tipos: de *tacto* y de *fuerza*. Los sensores de tacto indican si se ha hecho contacto. Los sensores de fuerza indican la amplitud de la fuerza de contacto con el objeto.
2. **Sensores de proximidad**, que indican cuando un objeto está cerca del sensor.
3. **Sensores para visión de máquina y sensores ópticos**. Los *sensores de visión de máquina* se emplean en la inspección, identificación de las piezas, para guía y otros usos. Los *sensores ópticos* se utilizan para la detección de la presencia de objetos.

Los robots pueden operar en entornos hostiles para los seres humanos. El calor, el ruido, el polvo, los irritantes de la piel, la oscuridad y otras situaciones no son una amenaza para ellos. También, en muchas aplicaciones, los robots pueden producir productos con una calidad más elevada de lo que es posible con seres humanos, ya que son más predecibles y efectúan las mismas operaciones precisa y repetidamente, sin fatiga.

Cada vez es más fácil programar robots para que puedan hacer otras tareas. Algunos de ellos pueden, incluso, reprogramarse simplemente fijando un punzón o estilo entre el brazo del robot y el brazo de un operario experimentado; el operario físicamente hace que al robot se mueva ejecutando las nuevas operaciones, programando así la máquina. Más típicamente, sin embargo, el programa se almacena en un disco, o en algún otro medio magnético. Este arreglo permite que se re programe el robot simplemente insertando el disco o tarjeta en una ranura y poniendo el robot en "modo de ejecución". Esta capacidad de fácil programación y reprogramación da gran flexibilidad para pasar a otros productos o tareas. Los robots son los bloques constructivos básicos para los sistemas de producción automatizados que analizaremos posteriormente.

INSPECCIÓN AUTOMATIZADA DEL CONTROL DE CALIDAD

Los **sistemas de inspección automatizada del control de calidad** son máquinas que se han integrado a la inspección de productos con fines de control de calidad. Estos sistemas efectúan una amplia gama de pruebas e inspecciones y se usan en muchas industrias. Se pueden emplear para medir las piezas, comparar las mediciones con las normas y determinar si las piezas cumplen con las especificaciones de calidad. De manera similar, se pueden utilizar esas máquinas para verificar el desempeño de los circuitos electrónicos. Por ejemplo, las computadoras, se verifican con software que comprueba cada una de las funciones que deben efectuarse.

Como analizaremos adicionalmente en el capítulo 18, Control de calidad, conforme más máquinas automatizadas ejecutan las inspecciones de control de calidad, para muchos productos, la inspección al 100% se está volviendo económicamente factible. Esta tendencia debe llevar a una mejor calidad del producto y a costos menores de inspección por control de calidad.

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE IDENTIFICACIÓN

Los **sistemas automáticos de identificación (AIS)**, por sus siglas en inglés) utilizan códigos de barras, frecuencias de radio, tiras magnéticas, reconocimiento óptico de caracteres y visión de máquina para detectar e introducir datos en las computadoras. Los datos que aparecen sobre los productos, documentos, piezas y recipientes se leen sin necesidad de que los trabajadores los lean o interpreten. Un buen ejemplo de estos sistemas aparece en las cajas de los supermercados. El cajero pasa el código de barras que aparece sobre un producto frente al lector óptico; el sistema lee el número de identificación, accesa una base de datos en la computadora, envía el precio del producto a la caja registradora, describe el producto para el cliente a través de un altoparlante e incluye el número de identificación del producto en el sistema de inventarios para ajustar el nivel del mismo.

AIS se está haciendo común en almacenes, pisos de taller de fábricas, ventas al menudeo y al mayoreo, y en una diversidad de otras aplicaciones. Aunque el costo del instrumental AIS no es elevado, sí lo es el costo de desarrollar el software y las bases de datos de cómputo, elementos indispensables para que los AIS resulten efectivos.

CONTROLES AUTOMATIZADOS DE PROCESOS

Los **controles automatizados de procesos** utilizan sensores para obtener mediciones del desempeño de los procesos industriales, comparan estas mediciones con los valores estándar incluidos en los programas de la computadora y, cuando el desempeño varía de forma significativa en relación con el estándar, envían señales que modifican los ajustes de los procesos. Estos sistemas han estado en uso durante muchos años en las industrias de procesamiento de productos químicos, en las refinerías de petróleo y en la industria papelera.

Un ejemplo de estos controles automatizados se vio recientemente en la industria papelera. Una calandria grande comprime la pulpa de madera entre rodillos para formar una hoja de papel continua. Un lector óptico grande se monta por encima de la hoja de papel para monitorear el espesor y la densidad del papel. Las lecturas del lector alimentan el sistema experto de una computadora, que consiste en un algoritmo lógico basado en reglas. Este sistema experto decide si el espesor y densidad del papel están dentro de la tolerancia; de no estarlo, el sistema decide qué cambios efectuar y envía ajustes de máquina a la calandria, alterando así el espesor y densidad del papel.

Con el creciente uso del diseño asistido por computadora y de los sistemas de manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM), los controles automatizados de procesos se han convertido también en importantes en otras industrias. Incluso en la manufactura de unidades discretas, ahora los ajustes de cada máquina individual y de grupos de máquinas pueden detectarse y modificarse según se requiera para obtener productos con dimensiones y características uniformes.

Igual que con otras máquinas automatizadas, cuando se instalan controles automatizados de los procesos se pierde algo de flexibilidad en tanto no se desarrolle software para atender las características de diferentes productos. También, a pesar de que el costo inicial de instrumental de estos sistemas pudiera no ser muy elevado, puede ser muy costoso desarrollar el software de soporte e integrar el subsistema con el resto del sistema de producción. Sin embargo, la calidad

El código de barras es uno de los sistemas de identificación automática más populares entre los detallistas para reducir el error humano de captura y ayudar a registrar la mercancía.



requerida del producto para apoyar una estrategia de negocio pudiera hacer que dichos costos fueran aceptables.

Las máquinas automatizadas que se han descrito en esta sección son impresionantes, pero los beneficios últimos de una automatización pudieran no lograrse en tanto las máquinas individuales no queden integradas en sistemas completos de producción automatizados.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADOS

Al irse haciendo más compleja la tecnología de la automatización, se ha desplazado el enfoque de las máquinas individuales hacia una idea más amplia. Hoy son cada vez más comunes sistemas completos de máquinas automatizadas vinculadas entre sí para propósitos más amplios. Analizaremos cuatro categorías generales de estos sistemas: líneas de flujo automatizadas, sistemas de ensamble automatizados, sistemas flexibles de manufactura (FMS) y sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS).

LÍNEAS DE FLUJO AUTOMATIZADAS

Una **línea de flujo automatizada** incluye varias máquinas automatizadas, vinculadas entre sí mediante máquinas automatizadas de transferencia y manejo de piezas. Las máquinas individuales en la línea utilizan alimentadores automatizados de materias primas y efectúan sus operaciones automáticamente, sin necesidad de atención humana. Conforme cada una de las máquinas termina su operación, se transfieren de forma automática piezas parcialmente terminadas a la siguiente máquina sobre la línea, siguiendo una secuencia fija, hasta que el trabajo en línea termina. Estos sistemas normalmente se utilizan para producir un componente principal completo. Por ejemplo, son comunes en la industria automotriz las carcazas de eje trasero para los camiones.

Estos sistemas se conocen como **automatización fija** o **automatización dura**, que significa que la línea de flujo está diseñada para producir un solo tipo de componente o producto. Debido a la elevada inversión inicial que se requiere y a la dificultad de cambiar a otros productos, estos sistemas se utilizan cuando la demanda del producto es alta, estable y con buenos pronósticos. Si se cumplen estas condiciones, el costo unitario de producción es muy bajo. Sin embargo, debido a los cada vez más cortos ciclos de vida de los productos y los desplazamientos en la tecnología de la producción, la popularidad de la automatización fija pudiera estar declinando. Cada vez más, los sistemas de producción están favoreciendo equipo de producción que aporte mayor flexibilidad en la producción. Posteriormente analizaremos esta tendencia, al estudiar los sistemas flexibles de manufactura.

SISTEMAS DE ENSAMBLE AUTOMATIZADOS

El **sistema de ensamble automatizado** es un sistema de máquinas de ensamble automatizadas vinculadas entre sí mediante equipo automatizado de manejo de materiales. Los materiales se alimentan automáticamente a cada una de las máquinas, por lo general algún tipo de robot, como un soldador robótico o una unidad de inserción de componentes, que une uno o más materiales, piezas o ensambles. Entonces, el trabajo parcialmente terminado se transfiere automáticamente a la siguiente máquina de ensamble. Este proceso se repite hasta que termina el ensamble total. El propósito de estos sistemas es producir grandes ensambles o, incluso, productos terminados.

Para que un sistema de ensamble automatizado tenga éxito, es necesario efectuar modificaciones sustanciales al diseño de producto. El diseño del producto apropiado para ensamble por manos humanas no puede aplicarse directamente a un sistema de ensamble automatizado, ya que las capacidades de los seres humanos no pueden ser duplicadas por los robots. Por ejemplo, para sujetar dos piezas entre sí, un trabajador puede utilizar tornillo, arandela y tuerca, pero en el ensamble automatizado serán necesarios nuevos procedimientos de sujeción y modificaciones en el diseño del producto.

Al rediseñar productos para ensamble automatizado se aplican principios como los que siguen:

1. **Reducir la cantidad de ensamble requerida.** Por ejemplo, utilice una pieza moldeada en plástico, en lugar de dos piezas de lámina de metal sujetas entre sí.
2. **Reducir el número de sujetadores requeridos.** Por ejemplo, diseñe piezas que se enganchen entre sí o que se puedan soldar, en lugar de que se sujeten mediante tornillos, tuercas y pernos.
3. **Diseñar componentes que se puedan alimentar y posicionar automáticamente.** Esto significa diseñar piezas de tal forma que puedan ser alimentadas y orientadas para su entrega en tolvas, canales ranurados, tazones vibratorios, y otros mecanismos continuos de alimentación de piezas.
4. **Diseñar productos para ensamble en capas y para inserción vertical de las piezas.** Los productos en general deberán ensamblarse desde una base hacia arriba, en capas, hacia la parte superior del producto. Las piezas deberán diseñarse de forma que puedan insertarse verticalmente en el ensamble.
5. **Diseñar las piezas de manera que se autoalineen.** Las piezas deben tener características como hombros o resaltos, o proyecciones que se deslicen en formas coincidentes sobre piezas adyacentes, que las posicionen y alineen automáticamente conforme se insertan en los ensambles.
6. **Diseñar los productos en módulos principales para su producción.** Un sistema de ensamble automatizado se utilizaría para ensamblar cada uno de los módulos. Al desglosar el ensamble del producto completo, en varios módulos de ensamble, se reduce el tiempo de detención del sistema.
7. **Incrementar la calidad de los componentes.** Los componentes de elevada calidad evitan que haya obstrucciones en los mecanismos de alimentación y ensamble.⁴

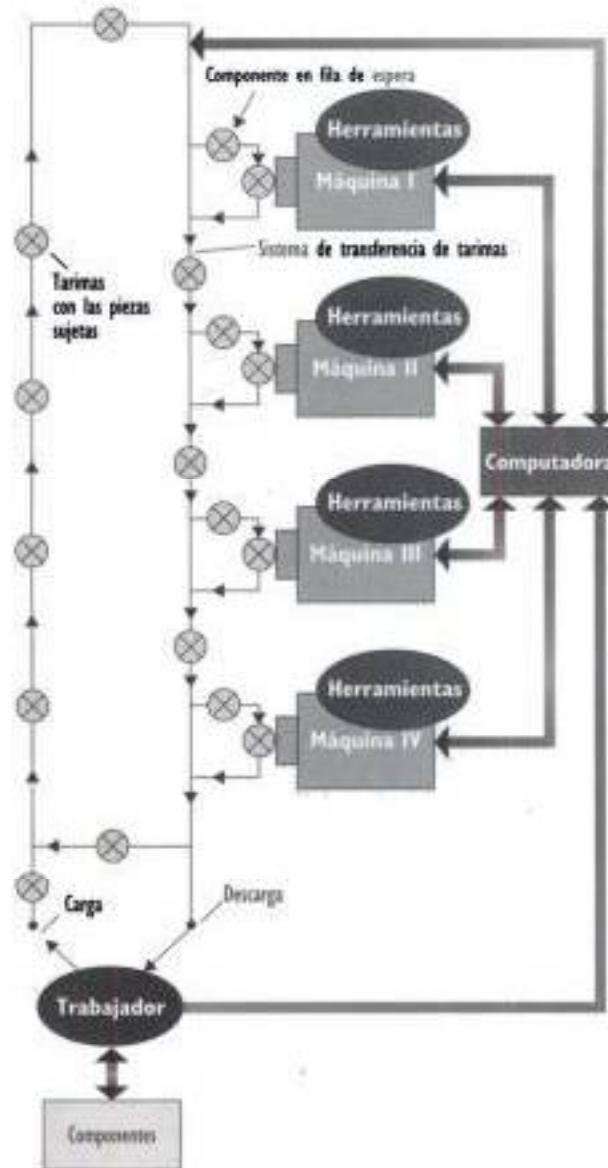
Los sistemas de ensamble automatizados pueden proporcionar a los fabricantes costos bajos de producción por unidad, mejor calidad y mayor flexibilidad de producto. Dado que algunas de las máquinas de estos sistemas tienden a ser robots estándar disponibles de varios proveedores, la inversión inicial en equipo no resulta tan elevada como pudiéramos imaginar. Por lo tanto, estos sistemas no están restringidos a productos con demanda muy elevada y cada día estos robots pueden reprogramarse para otros productos y operaciones, reduciendo así la necesidad de que la demanda del producto sea estable y que dure mucho tiempo.

SISTEMAS FLEXIBLES DE MANUFACTURA

Los **sistemas flexibles de manufactura (FMS, por sus siglas en inglés)** son grupos de máquinas de producción organizadas en secuencia y conectadas mediante máquinas de manejo y transferencia de materiales automatizadas, integradas a través de un sistema computarizado. La figura 5.1 ilustra un sistema de este tipo.

FIGURA 5.1

SISTEMA FLEXIBLE DE MANUFACTURA



Fuente: Adaptado con permiso de "Computer-Managed Parts Manufacture", by Nathan H. Cook, SCIENTIFIC AMERICAN, febrero de 1975, 21-29. Copyright © 1975 por SCIENTIFIC AMERICAN Inc. Todos los derechos reservados.

En estos sistemas, que también se conocen como *sistemas flexibles de maquinado*, se cargan conjuntos de materiales y piezas para un producto en el sistema de manejo. Se introduce un código en el sistema de flujo, que identifica el producto a fabricar y su ubicación dentro de la secuencia. Conforme se completan productos parcialmente terminados en una máquina, se trasladan automáticamente a la siguiente máquina de producción; cada máquina de producción recibe ajustes e instrucciones de la computadora, y automáticamente carga y descarga herramientas, según se requiera y termina su trabajo sin que los operarios intervengan.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.4

FMS CAMBIA A OTROS PRODUCTOS EN CUESTIÓN DE SEGUNDOS

Treinta y cinco brazos de robots sujetan los componentes principales de la carrocería Sentra de Nissan con una alineación virtualmente perfecta y otros 16 brazos sueldan las piezas en 62 puntos. Entonces, 45 segundos después, todo cambia. La carrocería del sedán de cuatro puertas avanza y automáticamente una computadora reajusta los bancos de robots para poder ensamblar el siguiente producto en la línea, que es un cupé. Después, la computadora hace de nuevo su parte y los robots ensamblan la carrocería de una camioneta. Al terminar la línea, cada una de las carrocerías será pintada de un color distinto y recibirán diferentes componentes, todo ello determinado mediante un comando de la computadora. Cada automóvil se

acompaña de un disco de identificación especialmente programado, que emite señales de radio que detectan receptores en cada estación de trabajo e informan al robot o al trabajador el tipo de batería, de amortiguador o de estereo que se debe instalar. El nuevo sistema flexible de manufactura utiliza robots programables por computadora capaces de fabricar hasta cuatro modelos y ocho tipos de carrocerías. Modificando los programas de cómputo de los robots es posible introducir nuevos modelos. Estos nuevos programas son resultado de la actividad de diseño del producto CAD/CAM. Los costos por herramienta de nuevos productos se reducen dramáticamente, los productos nuevos se pueden introducir

en la mitad del tiempo y se evita un inventario excesivo de automóviles. Nissan utiliza el FMS en sus plantas de Zama y de Tochigi, y está instalando el sistema en otras dos plantas en Japón, así como en su planta de Smyrna, Tennessee.

Pero Nissan no está solo. Toyota fabrica los productos Supra, Lexus y Soarer en una misma línea de ensamble en su planta de Tahara.; Honda produce los Accord y los Integra en una línea en Suzuka, y encontramos el FMS en industrias distintas a la automotriz. La Manufacturing Systems Division de Milacron de Cincinnati ha instalado cientos de estos sistemas en todo Estados Unidos. Cummins Engine Company es un usuario constante del FMS.

Fuente: "Japan's Industrial Robots Becoming more Flexible". Houston Chronicle, 16 de abril, 1990, 2B; Meredith, J. "Installation of Flexible Manufacturing System Teaches Management Lessons in Integration, Labor, Cost, Benefits". Industrial Engineering (abril 1988): 18-27; Venkatesan, Ravi. "Cummins Engine Flexes Its Factory". Harvard Business Review (marzo-abril 1990): 120-127.

A pesar de que el costo inicial de estos sistemas es elevado, los costos de producción por unidad son bajos, la calidad de los productos es alta y superior la flexibilidad en el producto. El FMS está creciendo en importancia y muchas empresas planean instalarlo. En la Instantánea industrial 5.4 se analiza el uso de FMS por varios fabricantes.

SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACIÓN

Los **sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS**, por sus siglas en inglés) son sistemas para recibir pedidos de materiales de cualquier parte de las operaciones, reunirlos dentro del almacén y entregarlos a las estaciones de trabajo. Hay tres elementos principales en ASRS:

1. **Sistemas de cómputo y comunicación.** Se utilizan para la colocación de los pedidos por materiales, para su ubicación en almacenamiento, para dar comandos u órdenes para su entrega a las localizaciones en las operaciones y para ajustar registros de inventario que muestran su existencia y ubicación.
2. **Sistemas automatizados de manejo de materiales y de entregas.** Estos sistemas se cargan automáticamente con recipientes de materiales de las operaciones, mismos que se entregan en el almacén. De manera similar, se alimentan automáticamente con pedidos de los materiales del almacén, mismos que se entregan a las estaciones de trabajo en las operaciones. A veces se utilizan bandas transportadoras de varios tipos, movidas mecánicamente y controladas por computadora, pero ahora cada vez más se utilizan los **sistemas de vehículos guiados automáticamente (AGVS**, por sus siglas en inglés). Los AGVS consisten por lo general en trenes sin conductor, camiones de tarimas y transportes para cargas unificadas. Los AGVS generalmente siguen cables guía subterráneos, o franjas de pintura, a través de las operaciones, hasta que llegan a su destino.

3. **Sistemas de almacenamiento y recuperación en almacenes.** Los almacenes guardan los materiales en recipientes de tamaño estándar, con cantidades fijas de cada material. Por ejemplo, un recipiente de un tipo particular de moldura de plástico siempre contendría 100 componentes. Estos recipientes se organizan de acuerdo con un sistema de direccionamiento de ubicaciones, que permite a una computadora determinar con precisión la ubicación de cada material. Una **máquina de almacenamiento y de recuperación** (S/R, por sus siglas en inglés) recibe órdenes de una computadora, toma los recipientes con materiales de un **lugar de carga** dentro del almacén, los lleva a la ubicación que se les asignó y los coloca en su sitio. De manera similar, las máquinas S/R localizan en el almacén los recipientes con materiales, los saca del almacenamiento y entrega los recipientes en un **lugar de depósito** dentro del almacén.

Los objetivos principales de instalar ASRS son:

1. **Incrementar la capacidad de almacenamiento.** Los ASRS por lo general pueden incrementar la densidad de almacenamiento en los almacenes, el número máximo total de cargas independientes que se pueden tener en existencia.
2. **Incrementar la tasa de operación del sistema.** Los ASRS incrementan la cantidad de cargas por hora que el sistema de almacenamiento puede recibir y colocar en el almacén, así como recuperar del almacén y entregar a las estaciones de trabajo.
3. **Reducir costos por mano de obra.** Al automatizar los sistemas de recuperación, almacenamiento y entrega de materiales, a menudo se reducen los costos por mano de obra y otros relacionados.
4. **Mejorar la calidad del producto.** Debido al error humano al identificar los materiales, con frecuencia se entregan componentes equivocados y éstos se ensamblan en los productos. Estos errores ocurren comúnmente cuando la apariencia de diferentes materiales es similar. Los sistemas automatizados que identifican los componentes, con base en un código de barras u otros métodos de identificación, no están sujetos a este tipo de errores de identificación.

Además de su uso en ambientes de manufactura, los ASRS se han puesto en práctica exitosamente en algunas organizaciones de servicio. La Instantánea industrial 5.5 ilustra una aplicación de ASRS en farmacias de hospital.

Hemos analizado varios sistemas de producción automatizados de uso común actualmente. ¿Cómo serán los sistemas de producción en el futuro?

FÁBRICAS DEL FUTURO

Para comprender la naturaleza de la producción que más probablemente prevalecerá en las próximas décadas, debemos comprender los fundamentos de dos sistemas bastante complejos basados en computadora: el diseño asistido por computadora y la manufactura asistida por computadora (CAD/CAM), así como la manufactura integrada por computadora (CIM, por sus siglas en inglés).

CAD/CAM

CAD y CAM se abordaron en el capítulo 2. Los términos CAD/CAM merecen definirse.

- **CAD:** uso de computadoras para el dibujo interactivo de ingeniería y almacenamiento de los diseños. Los programas completan la disposición física, las transformaciones geométricas, las proyecciones, los giros, las ampliaciones y las secciones transversales de una parte, así como su relación con otros componentes.
- **CAM:** Uso de las computadoras para programar, dirigir y controlar equipo de producción en la fabricación de bienes manufacturados.⁵

CAD se preocupa de la automatización de ciertas fases del diseño del producto y su uso está aumentando conforme se desarrolla software más y más poderoso. La mayor disponibilidad de estaciones de trabajo para diseños de ingeniería está revolucionando la forma en que se diseñan los

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.5

ASRS EN LAS FARMACIAS DE LOS HOSPITALES

Llena los anaqueles, surte recetas, e incluso, factura automáticamente a los pacientes. Lo que de seguro no hará es contestarle al jefe.

Este sistema automático de almacenamiento y recuperación (ASRS) está abriéndose camino en los hospitales de todo Estados Unidos. Identificado como el "robot de farmacia", este sistema nuevo, de alta tecnología de cómputo, puede almacenar y recuperar medicamentos sin error en tiempo récord.

En una era de perpetuos esfuerzos de las empresas de administración de la atención a la salud a fin de que sean más eficientes, la idea de un sistema automatizado de surtido de recetas tuvo éxito inmediato en los años 1990. Los hospitales estaban interesados en obtener precisión y reducir la posibilidad de errores humanos. De los 30 millones de recetas que hasta

ahora han llenado los "robots" no ha habido ningún error.

El Mercy Hospital de Pittsburgh, uno de los primeros hospitales del país en instalar este tipo de sistema obtuvo su ASRS en septiembre de 1994. Después de un año, el ASRS era responsable de surtir 85% de las recetas del hospital. El robot de farmacia no tiene autorización para manejar sustancias controladas o peligrosas, medicinas refrigeradas ni dosis superiores a las bolsas de cinco pulgadas utilizadas por el sistema.

El ASRS está conectado al sistema de cómputo del hospital e identifica cualquier posible problema de interacción entre medicinas u otras alergias. Puede almacenar mil dosis en sólo 20 minutos. El robot de farmacia se parece más a una cámara de video sobre un poste que al robot típico de las películas. Está instalado en un túnel de vidrio de

10.6 metros de largo y bombas neumáticas lo empujan de atrás hacia adelante a lo largo de un riel metálico. Un ojo infrarrojo recorre los códigos de barra impresos sobre las pequeñas bolsas de medicamentos, para ser aspiradas utilizando copas de succión, y se depositan en recipientes etiquetados que se llevan a las camas de los pacientes. De un hospital a otro, dependiendo del espacio y de las necesidades, el tamaño de cada robot es diferente.

El robot de farmacia ha obtenido hasta ahora un gran éxito e indudablemente seguirá haciéndolo. En apenas unos cuantos segundos, puede procesar información que a los encargados les hubiera tomado horas e, incluso, días. Y, desde luego, libera a estas personas de tareas rutinarias, de manera que puedan dedicarse más a asesorar a sus pacientes.

Fuente: "Robot Eases Life of Hospital Pharmacists". *San Antonio Express-News*, 14 de enero, 1996, 5J.



productos. Los sistemas CAD se instalan para incrementar la productividad de los diseñadores, mejorar la calidad de los diseños, mejorar la estandarización de los productos y la documentación de los diseños y generar una base de datos para manufactura. El software CAD más ampliamente utilizado es AutoCAD, que puede correrse en PC. Está actualmente en su versión 14 y lo produce Autodesk Inc. (www.autodesk.com). Se lanzó por primera vez en 1982, y cerca de dos millones de copias de AutoCAD se han vendido en más de 150 países, haciendo de Autodesk la quinta empresa de software para PC del mundo.

CAM se ocupa de automatizar la planeación y el control de la producción y se desarrolla más lentamente que CAD, aunque de manera continua. La capacidad de planear la producción, preparar rutas de productos, generar programas N/C, determinar ajustes de máquinas de producción, preparar programas de producción y controlar la operación de los procesos productivos utilizando computadoras, son operaciones que sin duda seguirán expandiéndose conforme el software de computadora se haga más complejo, pero es la combinación de CAD y CAM en sistemas CAD/CAM lo que nos deja entrever cómo serán los futuros sistemas de producción.

CAD/CAM implica una fusión de CAD con CAM y una interacción entre ambos sistemas. El resultado importante de esta fusión es la automatización de la transición entre el diseño del producto y su manufactura. Se pueden diseñar rápidamente productos nuevos, conforme cambian las demandas del mercado. Dado que estos nuevos diseños de producto están almacenados en una base de datos común, a través de CAM se pueden introducir los nuevos productos con mucha mayor rapidez y a menor costo, por lo que CAD/CAM ofrece gran flexibilidad en el producto, bajos costos y mejor calidad de la producción.

Los sistemas CAD, como en este estudio de diseño de automóviles, incrementan la productividad de los diseñadores, mejoran la calidad de los diseños y ayudan en la estandarización de los productos.



MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA

La **manufactura integrada por computadora (CIM)**, por sus siglas en inglés se define como "la aplicación de una computadora para unir y conectar varios sistemas computarizados formando un todo integrado y coherente". Como ilustra la figura 5.2, "los presupuestos, CAD/CAM, los controles de los procesos, los sistemas de tecnología de grupo, MRP II, los sistemas de información financiera, etc., están enlazados y con una interfase entre ellos".⁶ Como podemos inferir de esta definición, CIM tiene una aplicación más amplia que CAD/CAM.

El concepto CIM es que todas las operaciones de una empresa relacionadas con la función productiva se incorporan a un sistema de cómputo integrado para asistir, aumentar y/o automatizar las operaciones. Este sistema de cómputo está presente en toda la empresa, en contacto con las actividades que apoyan a la manufactura. En este sistema integrado de cómputo, el resultado de una actividad sirve de insumo para la siguiente a través de la cadena de eventos o sucesos que se inician con el pedido de ventas y que culminan con el embarque del producto.⁷

Además de los sistemas completos de cómputo que arriba se describen, el término *CIM* se ha venido asociando con el uso de la más reciente tecnología de producción. Pero como apunta John J. Clancy, presidente de McDonell-Douglas, "CIM no es un equipo, de hecho tampoco es una tecnología, se trata de una forma de utilizar la tecnología".⁸

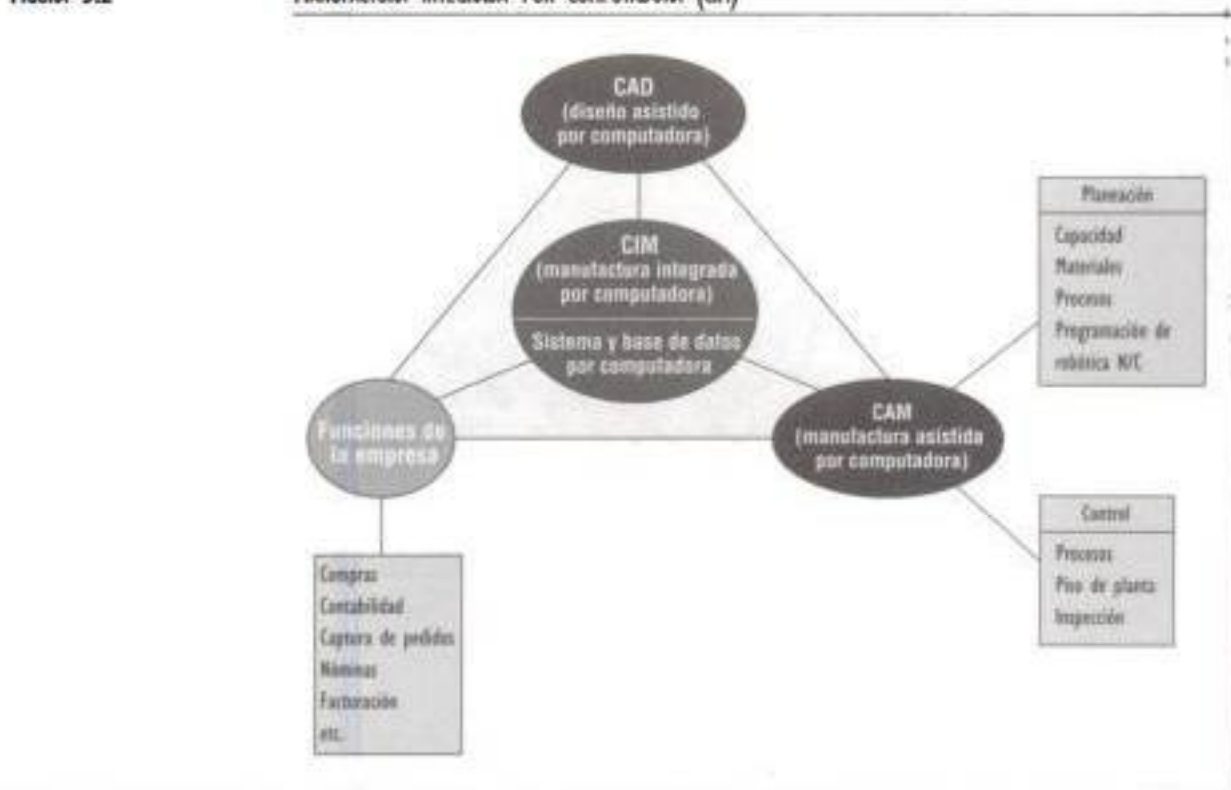
Durante los años 1990 el software de computadora ha seguido haciéndose más complejo, con lo que los paquetes completos más recientes se han venido identificado como sistemas de **planeación de los recursos de la empresa (ERP)**, por sus siglas en inglés). "Los sistemas ERP automatizan los sistemas de manufactura, organizan los libros de contabilidad, modernizan los departamentos corporativos, como recursos humanos, y muchas cosas más; son las aplicaciones que hacen posible la reingeniería."⁹

Un sistema ERP es un conjunto complejo de programas cuya puesta en práctica puede tomar varios años y muchos millones de dólares. En el caso de empresas grandes, adquirir e ir formando un sistema ERP puede costar cientos de millones de dólares. Chevron desembolsó alrededor de 160 millones de dólares a lo largo de cinco años, durante los 90, para poner su sistema ERP en operación.

Las seis empresas de software ERP principales son SAP, Oracle, J. D. Edwards, PeopleSoft, Baan y SSA. El decano de ERP es SAP, el gigante del software, fundado en 1972 por cinco inge-

FIGURA 5.2

MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA (CIM)



nieros que trabajaban para IBM. Con una penetración en el mercado de 33%, el software de SAP se conoce como R/3. Inicialmente, R/3 estaba enfocado a hacer más eficientes los procesos de manufactura y contabilidad, pero hoy SAP ofrece módulos R/3 para otras funciones empresariales, como la intendencia y los recursos humanos. La Instantánea industrial 5.6 ilustra la naturaleza integradora del software R/3 de SAP.

Con nuestra comprensión de CAD/CAM y CIM, veamos la naturaleza de las plantas del futuro.

CARACTERÍSTICAS DE LAS FÁBRICAS DEL FUTURO

Existen hoy varias fábricas del tipo conocido como **fábricas del futuro**. En el futuro se irán estableciendo un número siempre creciente de estas organizaciones y tendrán las siguientes características:

1. **Elevada calidad del producto.** Se evitará la baja calidad y variabilidad asociada con las operaciones manuales. La automatización permitirá una consistente y elevada calidad del producto. La demanda del mercado para una alta calidad del producto asegurará que esta característica reciba una prioridad de primera importancia.
2. **Alta flexibilidad.** Se utilizará nueva tecnología flexible en el diseño de los procesos de la producción. Se producirán muchos modelos de productos para que resulten atractivos a aquellos mercados que demandan diversidad en el producto. Se producirán pequeños lotes de muchos modelos de productos y en estas condiciones será económica la operación de los procesos de producción.
3. **Entrega rápida de los pedidos de los clientes.** Con pequeños lotes, operaciones que pueden rápidamente cambiarse a otros productos y altas velocidades de producción, los pedidos de los clientes se producirán y embarcarán con prontitud.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.6

ADMINISTRACIÓN DE UNA EMPRESA UTILIZANDO SOFTWARE ERP DE SAP

SAP es líder en el mercado de software de planeación de recursos empresariales (ERP). Su software R/3 permite que una empresa integre y administre mejor la mayoría de sus actividades empresariales y sus funciones de operación. La siguiente descripción de cómo funciona R/3 ilustra la forma en que un pedido de un cliente genera una reacción de eventos en cadena, de un extremo a otro, de una empresa hipotética, fabricante de zapatos.

1. **Pedidos:** Un representante de ventas de la empresa fabricante de zapatos recibe de un minorista del Brasil un pedido por mil tenis azules. Desde su laptop, el representante de ventas se conecta con el módulo de ventas R/3 de las oficinas centrales en Estados Unidos y verifica el precio, incluyendo cualquier descuento a que tenga derecho el detallista, así como su historial crediticio.
2. **Disponibilidad:** Simultáneamente, el software de inventa-
- rios de R/3 verifica las existencias y notifica al representante de ventas que la mitad del pedido puede surtir de inmediato desde un almacén brasileño. El resto del pedido se entregará en un plazo de cinco días directamente desde la planta de la empresa en Taiwán.
3. **Producción:** El software para manufactura de R/3 programa la producción de los tenis en la planta de Taiwán, avisando al mismo tiempo al gerente del almacén de la empresa en Brasil para que embarque los 500 zapatos al detallista. Se imprime una factura, en portugués.
4. **Mano de obra:** Ahora, el módulo de recursos humanos R/3 detecta que hay escasez de trabajadores en la planta de Taiwán para poder manejar el pedido y avisa al gerente de personal de la necesidad de contratar trabajadores temporales.
5. **Adquisiciones:** El módulo de planeación de materiales de R/3 notifica al gerente de compras que ha llegado el momento de volver a pedir tinte azul, hule y agujetas para tenis.
6. **Seguimiento de los pedidos:** A través de Internet, el cliente se conecta o registra en el sistema R/3 de la empresa fabricante de zapatos, y nota que 250 de los 500 tenis que provienen de Taiwán han sido fabricados y teñidos. El cliente también ve que hay 500 tenis rojos en existencia y coloca un pedido de seguimiento, usando la Internet.
7. **Planeación:** Con base en los datos de los módulos de pronóstico financiero de R/3, el presidente del consejo de administración observa que los tenis de color no sólo tienen mucha demanda, sino también son muy rentables. Decide agregar una línea de calzado fluorescente.

Fuente: "Silicon Valley on the Rhine". *Business Week*, 3 de noviembre, 1997, 162-166. Reproducido del número del 3 de noviembre, 1997, de *Business Week* con permiso especial, derechos de autor 1997 por The McGraw-Hill Companies, Inc.

4. **Economía de la producción diferente.** En la fábrica automatizada, costos que antes eran variables ahora serán fijos y los que antes eran fijos se convertirán en variables. La gran mayoría de los costos serán fijos, los únicos costos variables significativos serán los de materiales y los indirectos. Cualesquiera que sean los costos por mano de obra existentes, por ejemplo el mantenimiento, serán considerados como fijos. Los costos predominantes serán los indirectos, como los de oficina y contabilidad, ingeniería, de equipo, de herramental, de mantenimiento, de servicios públicos y de software.
5. **Sistemas guiados e integrados por computadora.** CAD/CAM formarán la base para el diseño del producto y la planeación de los procesos. CIM (o ERP) integrará todas las fases del negocio, partiendo de una base de datos común.
6. **Cambios en la estructura organizacional.** En una fábrica automatizada, el personal de línea se parecerá más al de apoyo, y el de apoyo se parecerá más al personal de línea. El mantenimiento, la calidad del producto, la ingeniería, la administración de los cambios tecnológicos, el desarrollo y el mantenimiento de software y la robótica y proyectos de automatización serán las actividades de importancia de la organización.

TABLA 5.2

ALGUNOS EJEMPLOS DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS SERVICIOS

Industrias de servicios	Ejemplos de automatización
Aerolíneas	Sistemas de control de tráfico aéreo Sistemas de piloto automático Sistemas de reservaciones, como SABRE de UAL Puesta en contenedores de la carga
Bancos, ahorros y préstamos, y servicios financieros	Cajeros automáticos Transferencias electrónicas de fondos Códigos de reconocimiento de caracteres de cinta magnética Lectores ópticos Informes de bancos computarizados Banca telefónica y en línea
Ventas al menudeo y al mayoreo	Terminales de punto de venta Sistema de códigos de barras Lectores ópticos Almacenes automatizados Cubículos de fotografía automatizados Sistemas de pago automatizados en estaciones de servicio de gasolina
Cuidados a la salud	AGVS para la recolección de desperdicios Lectores CAD Sistemas de imágenes por resonancia magnética Vigilancia automatizada de los pacientes Terminales al pie de cama Robots domésticos y de hospital

En las fábricas del futuro, los talleres de tareas evolucionarán hacia la manufactura celular con grados crecientes de automatización flexible. La producción enfocada al producto evolucionará hacia sistemas flexibles de manufactura (FMS). En ambos extremos del espectro actual, prevalecerán la flexibilidad en el producto, bajos costos unitarios y una elevada calidad del producto.

Veamos ahora el uso de la automatización en el naciente sector de servicios.

AUTOMATIZACIÓN EN LOS SERVICIOS

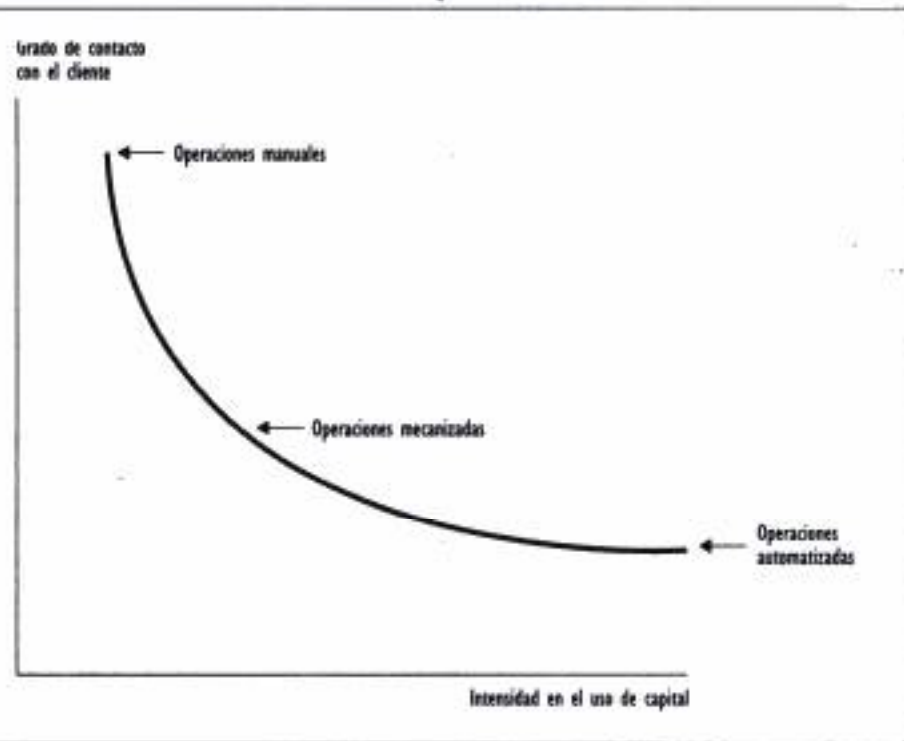
Cuando consideramos la amplia gama de servicios proporcionados por las empresas de las siguientes ramas industriales, resultan impresionantes las oportunidades de aplicación de la automatización: seguros, bienes raíces, ahorros y préstamos, bancos, autotransportes, aerolíneas y fletes aéreos, construcción, ventas al menudeo y al mayoreo, impresión y edición de publicaciones, publicidad y difusión, servicios empresariales, corretaje de valores y servicios financieros, cuidados a la salud, alojamiento y entretenimiento, comunicaciones, ferrocarriles y servicios públicos.

La Instantánea industrial 5.5 ilustró un ejemplo del crecimiento de la tecnología de punta en los servicios. La tabla 5.2 da algunos ejemplos de automatización en cuatro industrias de servicio. Quizás ninguna otra industria de servicio esté tan dominada por el uso de computadoras y equipo automatizado como la banca. Los cajeros automáticos, los sistemas electrónicos de transferencia de fondos y los informes mensuales de estados de cuenta computarizados son sólo la punta del *iceberg*. Toda esta industria depende tanto de computadoras y equipos relacionados para sus operaciones cotidianas, que literalmente no puede operar sin ellos.

Conforme en las operaciones de servicio se integran más equipos y sistemas de tecnología avanzada, se estará quizá creando una interesante tendencia hacia servicios más estandarizados y con menor contacto con el cliente. Dado que el equipo automatizado posiblemente no puede esperar en un entorno sujeto a la diversidad de variedades y cambios presentes en algunos servicios, la reducción y estandarización de la diversidad de servicios ofrecidos permite introducir equipos automatizados. Esta estandarización, sin embargo, tiene pros y contras. Por una parte, desde el pun-

FIGURA 5.3

GRADO DE CONTACTO CON EL CLIENTE Y USO DE EQUIPO AUTOMATIZADO



to de vista de los clientes, los servicios estandarizados no son tan atractivos, porque el servicio no se ha diseñado de manera personal específicamente para cada persona. Por otra parte, el costo de las operaciones y los precios de los servicios se reducen, o no aumentan con tanta rapidez, y pueden resultar más convenientes para los clientes. Considere, por ejemplo, la proliferación de cajeros automáticos localizados en supermercados, centros comerciales y las instalaciones de sucursales bancarias para automóvil. En los cajeros automáticos los clientes quizás no pueden obtener una gama tan amplia de servicios, pero su ubicación resulta conveniente y su servicio es rápido.

En general, en los servicios en los que exista mucho contacto con el cliente, habrá tendencia a un menor uso de todo tipo de equipo, incluyendo el automatizado. La figura 5.3 ilustra la relación entre el grado de contacto con el cliente y la intensidad en el uso de capital. La intensidad en el uso de capital aumenta conforme pasamos de equipo manual a mecanizado y a equipo automatizado. Esta figura sugiere que el equipo automatizado pudiera no ser apropiado para algunas operaciones de servicio con elevado grado de contacto con el cliente. Pero como se vio anteriormente, algunas operaciones de servicio se pueden automatizar, pues ofrecen mayor comodidad y costos más reducidos, así como los que no tienen un grado elevado de contacto con el cliente en todas las áreas de su organización (por ejemplo, las operaciones de trastienda en bancos, donde rara vez están presentes los clientes, son candidatos claros a la automatización).

Las operaciones de muchas empresas de servicio están mejorando debido a tecnologías de comunicaciones avanzadas, a Internet y a redes internas en la empresa. La Instantánea industrial 5.7 describe la forma en que una compañía está utilizando la Internet para reducir el tiempo de entrega requerido para el diseño de nuevo software.

La amplia diseminación de sistemas automatizados en las industrias de manufactura y de servicios ha creado muchos problemas que requieren analizarse.

INSTANTÁNEA INDUSTRIAL 5.7

LA TECNOLOGÍA EN LAS COMUNICACIONES ANIQUILAN EL TIEMPO Y LA DISTANCIA

Un grupo de programadores de computadoras de la Universidad Tsinghua en Beijing está escribiendo software, con tecnología Java. Trabajan para IBM. Al final de cada día, envían su trabajo por Internet a una instalación IBM en Seattle, donde hay programadores que combinan el trabajo y utilizan Internet para lanzarlo a través de 8,402 kilómetros al Instituto de

ciencias computacionales en Bielorrusia y al Software House Club en Letonia. De allí, el trabajo se envía al este, al Tata Group de India, que a la mañana siguiente transfiere el software de regreso a Tsinghua, en Beijing, otra vez de regreso a Seattle, y así sucesivamente, en grandes relevos mundiales que sólo se detienen cuando se termina el proyecto.

"Lo llamamos Java alrededor del reloj", dice John Patrick, vicepresidente de tecnología Internet para IBM. "Es como si hubiéramos creado un día de 48 horas a través de Internet." Internet y las redes de computadoras permiten que las empresas trabajen globalmente en formas jamás pensadas con anterioridad.

Fuente: Maney, Kevin. "Technology Is 'Demolishing' Time, Distance". *USA Today*, 24 de abril, 1997, 1-2B.

PROBLEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

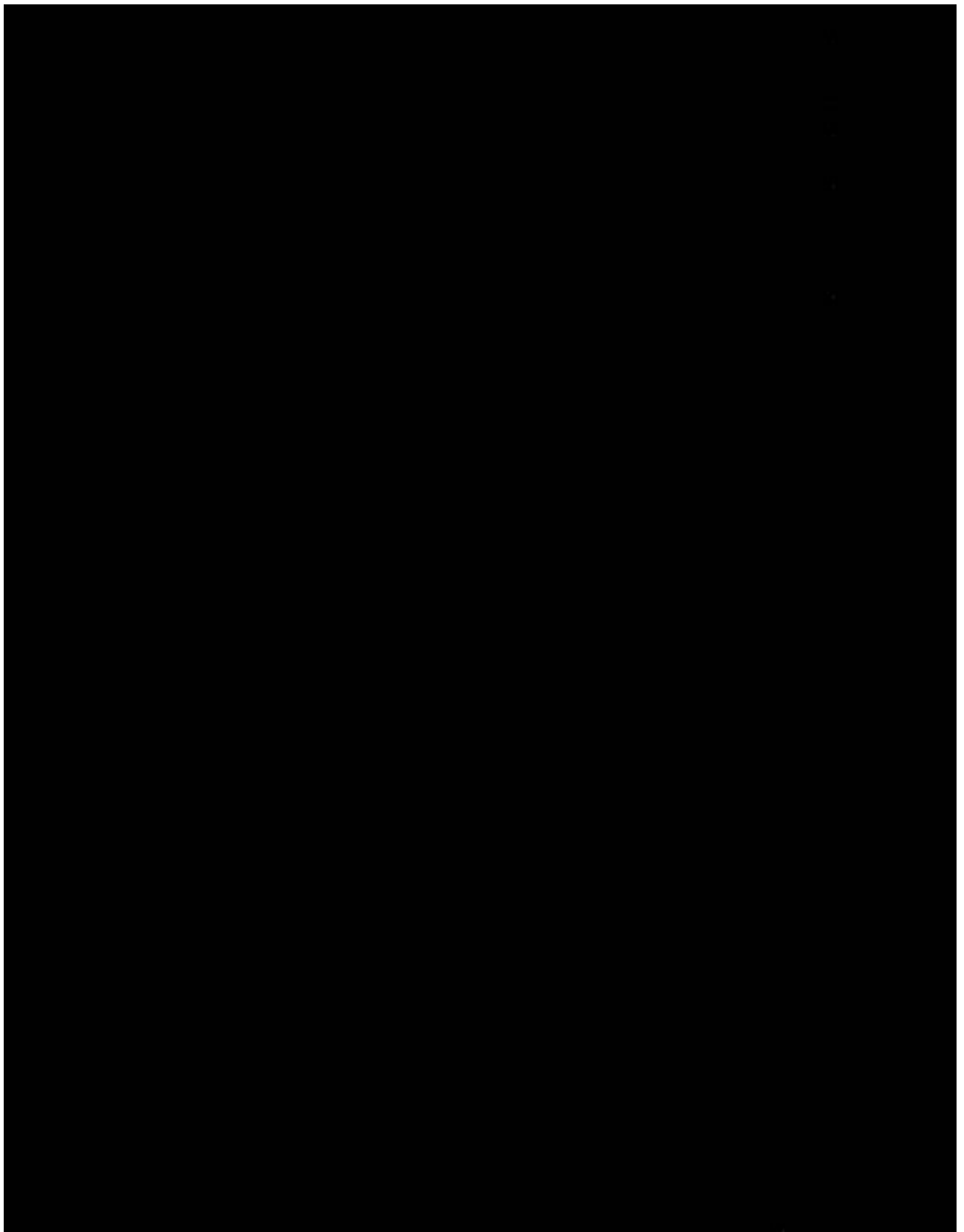
De los temas importantes de automatización por considerar, analizaremos los siguientes: ¿producción de alta, media o baja tecnologías?; incorporación de flexibilidad a la manufactura; justificación de proyectos de automatización; administración del cambio tecnológico, y desplazamiento, capacitación y reentrenamiento de los trabajadores.

¿PRODUCCIÓN DE ALTA, MEDIA O BAJA TECNOLOGÍAS?

Podemos encontrar ejemplos de empresas muy exitosas que utilizan la tecnología manual más antigua conocida; también podemos encontrar ejemplos de empresas que están fracasando, a pesar de tener la tecnología avanzada más reciente. Pero no debemos llegar a la conclusión de que la tecnología de producción utilizada por una empresa no tiene ninguna relación con su rentabilidad o con otras medidas del éxito. Un cuidadoso estudio de este problema nos debería llevar a estas conclusiones:

1. **No todos los proyectos de automatización tienen éxito.** Las empresas que lanzan grandes proyectos de automatización pudieran administrar mal la implementación de la maquinaria automatizada. El resultado puede ser que, al final, se encuentren en peor situación después de la automatización que como estaban con su anterior tecnología de producción.
2. **La automatización no puede compensar una mala administración.** Incluso si la implantación de la maquinaria automatizada de producción funciona bien, la empresa pudiera estar tan mal administrada que fracasará de todas maneras.
3. **El análisis económico no puede justificar la automatización de algunas operaciones.** Por ejemplo, si el costo de la mano de obra es muy reducido y el equipo automatizado muy costoso, el costo adicional de la automatización pudiera no quedar suficientemente compensado por la calidad en el producto y por otras mejoras. Esta es la razón por la cual encontramos tantas maquiladoras de ropa a ambos lados de la frontera México-Estados Unidos.
4. **No es técnicamente factible automatizar algunas operaciones.** Por ejemplo, en la industria de la ropa, la tela que debe procesarse es tan elástica, flexible y delicada, que ciertas operaciones de producción, como el corte, el ensamble y la costura todavía no se automatizan. En estas operaciones, el obstáculo principal a la automatización es el posicionamiento impreciso de la tela en relación con las cuchillas de corte, cabezas de costura y otros dispositivos mecánicos.
5. **Los proyectos de automatización quizás tengan que esperar para negocios pequeños y en su etapa inicial.** En razón a la escasez de fondos de capital y de conocimientos técnicos y de ingeniería, la producción y distribución de productos pueden llevarse a cabo mediante

contratos con empresas proveedoras de transporte y de distribución. Conforme los productos
se producen y/o los transportes, pero probablemente la



contratos con empresas proveedoras de transporte y de distribución. Conforme los productos maduran, estos negocios recuperan la producción y/o los transportes, pero probablemente la automatización todavía no se contempla. Finalmente, los procesos de producción se podrán automatizar conforme maduran los productos y las empresas adquieren capacidad de ingeniería y tecnológica para diseñar, instalar e integrar proyectos de automatización. Pero no todos los conocimientos sobre automatización deben residir en el interior de una empresa, puesto que hay una larga lista de proveedores de servicios de automatización a la medida, tanto para empresas pequeñas como grandes. Aunque resultan costosas para negocios pequeños y negocios en su etapa inicial, empresas como Cincinnati Milacron, Cross & Trecker, Prab Robots, Mobot Corporation, United Technologies y General Electric son ejemplos de este tipo de proveedores de servicios de automatización.

Algunas operaciones de producción todavía no han sido automatizadas y sin duda algunas jamás lo serán. Pero en compañías comprometidas a un crecimiento a largo plazo, a la supervivencia y a la rentabilidad, la razón principal para no automatizarse no podrá ser la cerrazón mental. *La verdad es que todas las empresas deben mantener sus procesos de producción actualizados conforme avanza la tecnología de la producción. No hacerlo pondría en riesgo el futuro de las empresas, porque deben suponer que sus competidores aprovecharán la ventaja estratégica que representa pasar a tecnologías avanzadas.* Para muchas compañías, la cuestión no es si automatizarán sus operaciones. Más bien, las preguntas son: ¿qué operaciones se automatizarán? ¿En qué secuencia se automatizarán las operaciones? ¿Cuándo se automatizarán las operaciones?

INCORPORACIÓN DE FLEXIBILIDAD EN LA MANUFACTURA

El término **automatización flexible** significa lo opuesto al término **sistemas fijos de manufactura** o **automatización dura**, como por ejemplo las líneas de flujo automatizadas o líneas de producción convencionales. En años recientes, el uso de este término se ha ampliado para referirse a todos los tipos de equipo y sistemas de producción que brindan la capacidad de responder a las necesidades cambiantes del mercado. La **flexibilidad en la manufactura** es la capacidad de mejorar o mantener la penetración en el mercado debido a lo siguiente:

1. Los pedidos de los clientes se pueden entregar pronto después de haberlos recibido. Algunas veces esto significa modificar los programas de producción para responder a la solicitud extraordinaria de un cliente para una entrega rápida.
2. La producción se puede desplazar rápidamente de un producto a otro, porque en una semana en particular los clientes pueden pedir lotes relativamente pequeños de diversos modelos de productos.
3. La capacidad de producción se puede incrementar con rapidez, para responder a las demandas pico del mercado en una semana en particular.
4. Se pueden desarrollar e introducir nuevos productos en la producción con rapidez y económicamente, en respuesta a las cambiantes necesidades del mercado.

Como hemos hecho notar anteriormente, la flexibilidad en la manufactura es de dos tipos generales: en el volumen y en el producto. La flexibilidad en el volumen por lo general se obtiene utilizando tiempo extra, teniendo un inventario adicional de productos terminados y diseñando los procesos de producción con **velocidades variables de producción** o con **capacidad excedente**. Sin embargo, conforme los sistemas de producción se han hecho más sensibles a las demandas de los mercados, lo que solía ser capacidad excedente ahora se considera sólo como *capacidad suficiente para responder a la demanda pico del mercado*. Pero quizás la forma más importante de flexibilidad en la manufactura es la flexibilidad en el producto, es decir, la capacidad de cambiar el sistema de producción de manera rápida y económica a otros productos.

Como se mencionó en este capítulo, los sistemas de producción enfocados a los procesos ofrecen una gran flexibilidad en el producto, aunque los costos unitarios de producción puedan ser elevados. Históricamente, el número de sistemas de producción enfocados a los procesos ha excedido con mucho el de otras formas de producción. Pero hoy, muchos fabricantes están buscando alternativas a los talleres de tareas, porque estos sistemas de producción enfocados a los procesos no les permiten competir con sus competidores del extranjero en costos de producción unitarios.

Sin embargo, debido a una mejor tecnología de producción, existen otras formas de lograr flexibilidad en el producto y obtener bajos costos unitarios de producción.

A continuación, damos algunos ejemplos de máquinas o sistemas de producción que suelen proporcionar flexibilidad en el producto:

- Máquinas N/C
- Robots programables y reprogramables
- Inspección automatizada del control de calidad
- Sistemas automáticos de identificación (AIS)
- Controles automatizados de los procesos
- Sistemas de ensamble automatizados
- Sistemas flexibles de manufactura (FMS)
- Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS)
- Diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora (CAD/CAM)
- Manufactura integrada por computadora (CIM)

Estas máquinas y sistemas de producción representan el núcleo central de lo que se conoce como *automatización flexible*. Quizás lo más significativo es su capacidad de producir con bajos costos unitarios y ofrecer simultáneamente gran flexibilidad en el producto. *En los años 90, la flexibilidad en la manufactura se ha convertido en la piedra angular de la estrategia de las operaciones y los procesos de producción que se están diseñando cada vez más se basan en esta piedra angular.*

La automatización flexible y otras formas de automatización requieren, sin embargo, de mayor inversión, y es cada vez más evidente que los enfoques tradicionales para justificar estas enormes inversiones no son los adecuados.

JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN

Existe una creciente evidencia que durante varias décadas las políticas de administración estadounidense y los enfoques de presupuestación de capital han llevado sólo a pequeñas mejoras en los productos y procesos de producción existentes.

La tasa de rotación de nuestros gerentes ha sido tan elevada que ha imposibilitado la mejoría a largo plazo de los productos y los cambios en los procesos de producción. A menudo son necesarios cinco años o más para modificar drásticamente diseños de productos y para automatizar plantas. No ha habido grandes incentivos para los gerentes, que sólo planean quedarse en una empresa durante unos cuantos años, para comprometerse en estos proyectos a largo plazo.

El periodo de recuperación, el valor presente neto, la tasa interna de rendimiento y otros procedimientos convencionales de presupuestación de capital pueden, cuando se usan en forma individual, ser herramientas inadecuadas para fundamentar decisiones importantes de diseño y rediseño de productos y procesos. Estas herramientas tienden a hacer que los gerentes expandan instalaciones con tecnología existente, en vez de construir nuevas instalaciones con nuevas tecnologías de producción, por lo que las empresas acaban teniendo enormes instalaciones de producción, pesadas y muy centralizadas, basadas en tecnologías de producción obsoletas.

La inversión en innovaciones en la tecnología de productos y procesos debe sacar del contexto de forma de decisiones de inversiones de proyectos individuales. Más bien, debe verse la inversión en tecnología de los productos y proyectos como una elección estratégica a largo plazo para la empresa. Estas elecciones, igual que otras decisiones de importancia estratégica de los negocios, no pueden basarse en una simple fórmula de recuperación. *Aunque los rendimientos sobre la inversión seguirán siendo un criterio importante para estas decisiones de inversión, el término **rendimiento** tomará un significado nuevo y ampliado. Una mejor calidad del producto, una entrega más rápida de los pedidos de los clientes, una mayor flexibilidad en el producto y en el volumen, menores costos de producción, mayor penetración en el mercado y otras ventajas, deben incluirse como factores en futuras decisiones de presupuestación de capital.* La inversión en la tecnología de productos y de procesos

debe visualizarse como una elección estratégica para modificar la fábrica y convertirla en un arma competitiva que ayude a la corporación a tener penetración en el mercado.

ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Las empresas que han intentado proyectos ambiciosos de automatización han encontrado que la implementación de grandes proyectos de automatización son mucho más difíciles y complejas de lo que habían anticipado. Los proyectos de automatización siempre tardan y cuestan más de lo que se espera originalmente.

Dada la dificultad para administrar los cambios en la tecnología de la producción, ¿qué es lo que hemos aprendido sobre la forma de administrar la implementación de proyectos importantes de automatización? Se ofrecen las siguientes sugerencias:

1. **Tener un plan maestro para la automatización.** El plan deberá indicar cuáles son las operaciones a automatizar, cuándo y en qué secuencia se automatizará cada área del negocio y cómo tendrá que cambiar la organización y sus productos, la mercadotecnia y otras unidades de la empresa debido a la automatización.
2. **Reconocer los riesgos de la automatización.** Todo proyecto de automatización conlleva riesgos. Entre los que se deben tomar en consideración: el riesgo de una obsolescencia radical, el peligro de que las nuevas tecnologías no puedan protegerse y puedan transferirse fácilmente a la competencia, y la posibilidad de que una nueva tecnología de producción no pueda desarrollarse con éxito.
3. **Establecer un nuevo departamento de tecnología de la producción.** Esta unidad difundirá información sobre la nueva tecnología, se convertirá en promotor de la adopción de la nueva tecnología, guiará la educación y capacitación de los demás sobre la nueva tecnología, y proporcionará la asistencia técnica necesaria para la instalación e implementación del equipo de tecnología avanzada.
4. **Asignar tiempo suficiente para la terminación de proyectos de automatización.** Debe asignarse tiempo suficiente para aprender cómo instalar, herramentar, eliminar errores, programar y de alguna forma dejar una máquina automatizada en su velocidad de producción. Hay mucho que aprender y siempre se tarda más de lo esperado. Un experto en automatización sugirió recientemente: "Estime cuánto espera tardar y a continuación multiplíquelo por tres." El punto clave: *Lo que uno aprende sobre la implantación de un proyecto de automatización debe aplicarse al siguiente proyecto. Existe una nueva tecnología asociada con la implantación de proyectos de automatización y ésta se aprende poco a poco.*
5. **No intentar automatizar todo a la vez.** Los problemas en el equipo automatizado son inevitables. Intente sincronizar los proyectos de forma que lo que se aprenda en un proyecto pueda aplicarse en otro. Al permitir un amplio tiempo, se reducirá la frecuencia de fechas de entrega fallidas, la frustración en la organización y la presión para reducir los plazos del programa. Con la sincronización de los proyectos, los recursos de una organización se pueden enfocar más a uno o dos proyectos a la vez, incrementando por lo tanto la posibilidad de éxito.
6. **Las personas son la clave para que los proyectos de automatización tengan éxito.** Si la automatización se está planeando a nivel estratégico, una de las actividades continuadas debe ser la capacitación e instrucción de todos dentro de la organización, en lo que se refiere a la tecnología avanzada de la producción. Una participación frecuente e intensa de todo el personal involucrado debe acompañar los proyectos de automatización. Los representantes sindicales deben incluirse con un papel activo dentro de la automatización. Los sindicatos están particularmente interesados en avisos anticipados de los puestos afectados, en el reentrenamiento y reasignación de trabajadores desplazados y en las políticas de despido asociadas con la misma.
7. **Si las empresas se mueven con demasiada lentitud en la adopción de nuevas tecnologías de producción, pudieran quedarse atrás.** Ser deliberados y cuidadosos al moverse de un proyecto de automatización a otro no le da a la empresa licencia para arrastrar los pies. Si lo hace, la competencia ganará la partida.

DESPLAZAMIENTO, CAPACITACIÓN Y REENTRENAMIENTO DE LOS TRABAJADORES

Una consecuencia de la automatización industrial es la eliminación de empleos. Por ejemplo, un trabajador puede vigilar tres robots de soldadura, donde anteriormente la soldadura necesitaba de cuatro operarios. En una oficina, una secretaria puede hacer ahora el trabajo de tres, gracias a las computadoras de procesamiento de palabras. Algunos economistas dicen que, a la larga, el número de puestos eliminados en fábricas y oficinas con la automatización será superado por los puestos nuevos creados en ingeniería, manufactura, ventas y servicio a los productos de la nueva tecnología. Aunque esto pudiera ser cierto, ¿qué ocurre en el corto plazo, qué les pasa a los trabajadores de fábrica y oficina que pierden sus puestos debido a la automatización? La respuesta es bastante obvia: son transferidos a otros puestos dentro de su empresa, pasan a otros puestos en otras empresas o se quedan sin empleo. Ninguna de estas alternativas es placentera.

Para resolver estos problemas muchas empresas han desarrollado programas de capacitación internos, en tanto que otras se apoyan en fuentes externas para la capacitación. En la última década, mientras que se han implementado muchos miles de proyectos de automatización en Estados Unidos, más y más empresas sienten que no pueden darse el lujo de no capacitar o reentrenar a sus empleados actuales.

En una economía fuerte, con menos demanda de trabajadores de baja capacitación y con escasez de empleados de manufactura de alta capacitación, entrenados en las nuevas tecnologías de la producción, las empresas están proporcionando a sus operarios más capacitación especializada. Northeast Tool & Manufacturing Co., un pequeño taller de herramientas de precisión en las afueras de Charlotte, Carolina del Norte, hizo que todos sus empleados se sometieran a exámenes de aptitudes, que miden todo, desde habilidades matemáticas y mecánicas, hasta liderazgo y adaptabilidad. Estas pruebas para empleados se utilizan para desarrollar una capacitación personalizada para cada trabajador. Con base en los resultados, algunos empleados se inscriben en cursos en universidades vecinas y otros toman cursos remotos a través de computadoras instaladas en la planta. Incluso otros asisten a clases vespertinas, para las que se hace venir a los profesores a la planta misma.¹⁰

Algunos trabajadores de oficina y planta perderán sus puestos y se encontrarán en busca de trabajo, porque no todas las compañías intervienen para retener y reentrenar a los trabajadores desplazados. Para algunos de estos trabajadores, los programas de capacitación del gobierno pueden proporcionar el reentrenamiento. La Small Business Administration, el U.S. Department of Labor y el U.S. Department of Commerce tienen programas de capacitación y de reentrenamiento de este tipo administrados a través de las empresas locales. Desafortunadamente, pudiera ser que no haya suficientes programas y algunos trabajadores tengan que enfrentar la disyuntiva de aceptar puestos sin capacitación, de salario mínimo en industrias de servicio, o quedarse desempleados. Pero el gobierno de Estados Unidos promete subsidiar y patrocinar más programas de capacitación. Una propuesta requiere que todos los años las empresas desembolsen 1.5% de su nómina en programas de capacitación. Aún así, las empresas estadounidenses se quedarían por detrás de nuestros socios comerciales industrializados. Por ejemplo, las empresas alemanas gastan en capacitación, todos los años, un promedio de 4% de los costos de nómina.¹¹

Conforme se intensifique en los años venideros la tecnología, la capacitación y el reentrenamiento de empleados se tornará una responsabilidad inevitable y una carga creciente para las compañías estadounidenses.

Con este análisis como antecedente, estudiemos algunas maneras de decidir sobre alternativas de automatización.

DECISIÓN ENTRE ALTERNATIVAS DE AUTOMATIZACIÓN

Al considerar los gerentes las decisiones de automatización, ordinariamente deberán tener en cuenta varias alternativas. Aquí presentamos tres enfoques de uso común en la industria actual: análisis económico, enfoque de la escala de calificación y el enfoque de calificaciones relativas agregadas.

ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico será siempre un factor importante, si no predominante, para seleccionar entre alternativas de automatización, pero también deben considerarse otros factores. La incorporación de una diversidad de factores en estas decisiones requiere el uso de enfoques diferentes.

ENFOQUE DE LA ESCALA DE CALIFICACIÓN

Los gerentes que toman decisiones de automatización saben que deben tomarse en consideración los siguientes factores de importancia:

1. **Factores económicos.** Dan a los gerentes alguna idea del impacto *directo* de cada una de las alternativas de automatización sobre la rentabilidad. Aunque el enfoque pudiera ser sobre flujos de efectivo, costos fijos anuales, costo variable por unidad, costo unitario promedio de producción o costos de producción anuales totales a los niveles de producción pronosticados, la intención es determinar el impacto directo sobre la rentabilidad. Para este fin, a menudo se utiliza el análisis de punto de equilibrio y los análisis financieros.
2. **Efecto sobre la penetración en el mercado.** ¿De qué manera las alternativas de automatización probablemente afectarán el mercado? Algunas alternativas requieren rediseño del producto y especialización del mismo, que podrán afectar las ventas. Aunque algunas alternativas dan la oportunidad de una mayor diversidad de productos y de un mayor atractivo para los clientes, el efecto neto de estos cambios sobre la penetración en el mercado es una medida difícil de obtener. Sin embargo, los efectos están ahí y deben tomarse en consideración para este tipo de decisiones.
3. **Efecto en la calidad del producto.** ¿De qué manera las alternativas de automatización probablemente afectarán la calidad del producto? La medición de este efecto no es fácil. Las tasas de desperdicio, los cambios en la penetración en el mercado, los costos de producción y otras medidas, representan esfuerzos para ligar de manera *indirecta* los cambios en la calidad del producto, resultado de las alternativas de automatización, con la rentabilidad.
4. **Efecto sobre la flexibilidad en la manufactura.** ¿De qué manera las alternativas de automatización probablemente afectarán la flexibilidad en productos y volúmenes? Este factor es cada vez más importante, ya que los ciclos de vida de los productos se reducen y las organizaciones competidoras dan a los consumidores oportunidades de ordenar productos con características diseñadas específicamente para ellos. Las medidas de flexibilidad en la manufactura son extremadamente difíciles de desarrollar. El costo de los cambios en máquinas, los costos de mano de obra en tiempo extra y los cambios en la penetración en el mercado son medidas que pueden utilizarse para evaluar el efecto de las alternativas de la automatización sobre la flexibilidad en la manufactura.
5. **Efecto en las relaciones laborales.** ¿De qué manera las alternativas de automatización probablemente afectarán a los trabajadores, su sindicato y la relación entre gerencia y fuerza de trabajo? La cantidad de trabajadores que se despedirá, el monto de capacitación y reentrenamiento requeridos y la disponibilidad de trabajadores con las habilidades requeridas para operar el equipo de automatización, son factores que afectan la elección de las alternativas de automatización.
6. **El tiempo requerido para la implantación.** ¿Cuánto tiempo requerirán las alternativas de automatización para implementar las máquinas y sistemas automatizados? Las alternativas pudieran tener diferentes necesidades de tiempo para su implementación, ya que las alternativas tienen niveles de tecnología diferentes, el personal de la organización pudiera no estar familiarizado con algunas clases de tecnología y las alternativas requieren diferentes tipos de modificaciones en el resto de sistema de producción.
7. **Efecto de la implantación sobre la producción en marcha.** Si la automatización va a reemplazar operaciones de producción existentes o si la automatización debe compartir instalaciones con las operaciones existentes, ¿de qué manera las alternativas de automatización afectarán la producción en marcha existente? Es un hecho de la vida real que la producción debe continuar a pesar de los proyectos de automatización. Los productos deben embarcarse, ya que simplemente los clientes no esperarán debido a proyectos de automatización. Algunas alternativas de automatización afectan menos las operaciones en marcha porque van a ser instaladas en ubicaciones diferentes, no necesitan usar equipo de producción existente o de alguna otra manera, no interactúan con la producción en marcha existente.
8. **Monto del capital requerido.** ¿Cuál es el monto del capital requerido para cada alternativa de automatización? Si el capital está escaso, como casi siempre ocurre, este factor puede ser una consideración predominante en las decisiones de automatización.

TABLA 5.3

ENFOQUE DE LA ESCALA DE CALIFICACIÓN PARA COMPARAR ALTERNATIVAS DE AUTOMATIZACIÓN

Factores de automatización	Línea de flujo automatizada	Sistema de manufactura flexible
Factores económicos		
Costos anuales de operación (dólares)	4,955,900	5,258,100
Costos de producción por unidad (dólares)	59.40	63.02
Otros factores		
Penetración en el mercado	5	4
Calidad del producto	4	4
Flexibilidad en el producto	2	4
Flexibilidad en el volumen	4	2
Relaciones laborales	3	3
Tiempo de implantación	3	4
Operaciones existentes	5	5
Necesidades de capital	3	4

Note: Se utiliza una escala de calificación de cinco puntos: 5 = excelente, 4 = bueno, 3 = promedio, 2 = debajo del promedio, y 1 = pobre.

Dado que factores como éstos pudieran ser todos a la vez importantes para decidir entre alternativas de automatización, ¿de qué manera pueden los gerentes tomar en consideración, de manera simultánea, todos ellos? La tabla 5.3 ilustra la manera en que se puede utilizar el **enfoque de la escala de calificación** al intentar un gerente decidir entre dos alternativas de automatización.

Podemos ver en la tabla 5.3 que si solamente se tomaran en consideración factores económicos, se preferiría la línea de flujo automatizada, pero si se toman en consideración otros factores, la elección no resulta tan clara. El sistema flexible de manufactura obtiene mejor calificación en flexibilidad en el producto, en el tiempo de implementación, en requerimientos de capital y la línea de flujo automatizada mejor calificación en factores económicos, penetración en el mercado y flexibilidad en volumen. En aquellos casos en que una alternativa no sea claramente superior en todos los factores, la elección apropiada dependerá de cuál de los factores tiene mayor peso para los gerentes que toman la decisión.

El enfoque de la escala de calificación requiere que quienes toman la decisión sopesen los factores de cada alternativa, procesen esta información a través de sus muy personales cálculos mentales y lleguen a una calificación general para cada alternativa de automatización. Veamos ahora otro procedimiento que directamente llega a la clasificación general de cada alternativa.

ENFOQUE DE LAS CALIFICACIONES RELATIVAS AGREGADAS

La tabla 5.4 ilustra el enfoque de las **calificaciones relativas agregadas** para la misma decisión ilustrada en la tabla 5.3, pero este enfoque de las calificaciones agregadas generales para cada alternativa de automatización se desarrolla como parte del análisis.

Podemos ver de la tabla 5.4 que el sistema flexible de manufactura parecería ser una elección ligeramente mejor, 0.818 en comparación con 0.770. Este enfoque requiere que los gerentes digan cuáles son los factores a considerar en la decisión y los coeficientes de ponderación de cada factor (ponderación de factores) *antes de tomar la decisión*. Estas consideraciones representan una estructura de decisión impuesta sobre quienes toman la decisión, que debe ser superior a un valor puramente subjetivo de las alternativas. Se supone que cada alternativa incluida en el análisis cumple con ciertas calificaciones. Por ejemplo, si una alternativa necesita tanto capital que resulta impráctica su consideración, no debería incluirse en el análisis. En otras palabras, todas las alternativas que sobrevivan hasta este punto deben ser fundamentalmente sanas y factibles. Con este enfoque estamos intentando determinar cuál es la superior.

Los enfoques para decidir entre alternativas de automatización que hemos analizado han supuesto que estamos intentando lograr varios objetivos simultáneamente. En años recientes se han

Tabla 5.4

ENFOQUE DE LAS CALIFICACIONES RELATIVAS AGREGADAS PARA COMPARAR ALTERNATIVAS DE AUTOMATIZACIÓN

Factores de automatización	Ponderación de factores económicos	Línea de flujo automatizada		Sistema flexible de manufactura			
		Datos económicos	Califi- Caciones ponderadas	Datos económicos	Califi- Caciones ponderadas		
Costos unitarios de producción	0.30	\$59.40	1.000*	0.300	\$63.02	0.943*	0.293
Penetración en el mercado	0.10		1.000	0.100		0.800	0.080
Calidad del producto	0.10		0.800	0.080		0.800	0.080
Flexibilidad en el producto	0.20		0.400	0.080		0.800	0.160
Flexibilidad en el volumen	0.05		0.800	0.040		0.400	0.020
Relaciones laborales	0.05		0.600	0.030		0.600	0.030
Tiempo de implantación	0.10		0.600	0.060		0.800	0.080
Operaciones existentes	0.05		1.000	0.050		1.000	0.050
Necesidades de capital	0.05		0.600	0.030		0.700	0.035
Calificaciones agregadas totales				.770			.818

* Estas calificaciones se determinan dividiendo el costo más bajo de producción unitario entre los costos reales unitarios de producción: $\$59.40/\$59.40 = 1.000$, y $\$59.40/\$63.02 = 0.943$; todos las demás calificaciones para los factores se estiman en base a una calificación máxima de 1.000, siendo mejor la más alta.

desarrollado una serie de técnicas de programación matemática para analizar este tipo de problemas. Se han aplicado a estos problemas la programación de objetivos y la programación multiobjetivo, pero estas técnicas quedan fuera del alcance de este curso.

RECOPIACIÓN:

LO QUE HACEN LOS PRODUCTORES DE CLASE MUNDIAL

Los productores de clase mundial consideran la tecnología avanzada de producción como un arma competitiva para lograr penetración en los mercados mundiales. Los productores estadounidenses utilizan la automatización de la producción para aumentar aún más sus puntos fuertes de calidad del producto y de servicio al cliente y para hacer sus sistemas de producción más competitivos, en flexibilidad y costo. En la búsqueda de este objetivo, los productores de clase mundial grandes y pequeños están:

- Diseñando productos para que sean *amigables a la automatización*; reduciendo la cantidad de ensambles, el número de sujetadores, permitiendo una inserción vertical, componentes autoalineantes y aumentando la calidad de los componentes.
- Utilizando CAD/CAM para diseñar e introducir productos en la producción. El costo y tiempo requerido para diseñar e introducir productos se reduce de manera importante.
- Adoptando selectivamente sistemas automatizados de producción para planear y llevar a cabo, con cuidado, los proyectos de automatización: FMS, ASRS y sistemas de ensamble automatizados. También, integrando máquinas automatizadas avanzadas con producción de tipo tradicional: centros automatizados de maquinado, grupos de robots de soldadura y pintura automatizada.
- Convirtiendo sistemas de *automatización dura* a una automatización más flexible.
- Poniendo en duda la creencia muy común de que para lograr un bajo costo son necesarias corridas de volumen elevado de productos idénticos y pasar hacia un ideal de sistemas de producción flexibles, capaces de producir pequeños lotes de productos de acuerdo con especificaciones especiales de los clientes, todo ello con un muy breve previo aviso.
- Adoptar un sistema CIM total. Todas las fases del negocio quedan integradas desde una base de datos común.
- Disfrutar muchas de las características de desempeño de la *fábrica del futuro*: elevada calidad del producto, elevada flexibilidad, entrega rápida de los pedidos de los clientes, cambio en la economía de la producción y sistemas guiados e integrados por computadora.
- Mejorar los sistemas de control de la producción computarizados para que se planee y se lleve un mayor control de los pedidos de clientes, dando así un mejor servicio, reduciendo los costos y aumentando la flexibilidad.
- Operando desde un plan para la automatización: reconociendo los riesgos de la misma, organizando el departamento de tecnología de la producción y dando el tiempo suficiente para que se completen los proyectos

de automatización, no intentando automatizar todo de una vez, reconociendo que son las personas las que hacen que los proyectos de automatización tengan éxito y no moviéndose con demasiada lentitud ante la adopción de nuevas tecnologías.

- Justificar proyectos de automatización con base en varios factores. La economía, la penetración en el mercado, la calidad, la flexibilidad, las relaciones laborales, el

tiempo requerido, el efecto sobre la producción actual y el monto del capital requerido pueden ser factores de importancia.

- Capacitar y formar equipos de personas capaces de conceptualizar, diseñar y utilizar nueva tecnología de la producción, y de fomentar la capacidad de administración para desarrollar e incrementar nuevos procesos de producción.

PREGUNTAS DE REPASO Y ANÁLISIS

1. Tradicionalmente, la automatización ha significado el reemplazo del esfuerzo humano con el de las máquinas. Critique este punto de vista de la automatización.
2. ¿Qué beneficios deben esperarse de los proyectos de automatización? Analice el impacto general sobre las organizaciones por los ahorros de mano de obra obtenidos a través de la automatización.
3. ¿Cuáles son las diferencias entre máquinas N/C, CN/C, y DNC?
4. Describa las condiciones que apoyarían a la instalación de un robot para pintura automotriz.
5. Describa y dé un ejemplo de cada una de estas máquinas automatizadas: a) aditamentos automáticos, b) control numérico (N/C), c) robots, d) inspección automatizada del control de calidad, e) sistemas automáticos de identificación y f) controles automatizados de procesos.
6. Describa y dé un ejemplo de cada uno de estos tipos de sistemas de producción automatizados: a) líneas de flujo automatizadas, b) sistemas de ensamble automatizados, c) sistemas flexibles de manufactura (FMS) y d) sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación (ASRS).
7. ¿Qué quiere decir *automatización dura*? Explique las diferencias entre automatización dura y *automatización flexible*.
8. Explique las razones por las que los productos deben rediseñarse, si en su producción se van a utilizar sistemas automatizados de ensamble.
9. Defina y describa: a) CAD, b) CAM, c) CAD/CAM, d) CIM y e) las características de las fábricas del futuro.
10. ¿Qué empresas son las productoras líder de software ERP?
11. Dé tres ejemplos del uso de la automatización en los servicios, que usted conozca.
12. ¿Qué significa *automatización flexible*? ¿Cuáles son las cuatro razones por las cuales se puede incrementar la penetración en el mercado debido a la *flexibilidad en la manufactura*? Nombre tres máquinas o sistemas de producción que proporcionan flexibilidad en el producto.
13. Explique las dificultades para poner en práctica proyectos de automatización en negocios pequeños o durante su etapa inicial. ¿De qué manera se puede superar estas dificultades?
14. Si usted pudiera aconsejar a los gerentes que están pensando en proyectos de automatización sobre cómo justificar estos proyectos, ¿qué les diría?
15. Dé siete sugerencias de cómo administrar mejor la implantación de los grandes proyectos de automatización.
16. Defina *desplazamiento*, *capacitación* y *reentrenamiento* de los trabajadores en el contexto de la automatización. Describa programas de capacitación patrocinados por la empresa y explique su contenido y cómo funcionan.
17. Nombre y describa dos maneras de analizar las alternativas de automatización.
18. ¿Cuáles son los puntos fuertes y débiles de cada una de las dos maneras de analizar las alternativas de automatización presentadas en este capítulo?
19. Identifique las condiciones de los negocios que justificarían un sistema flexible de manufactura.

TAREAS EN INTERNET

1. Busque en Internet un fabricante de robots. Describa la línea de robots de la empresa e incluya la dirección de su sitio Web.



2. Busque una empresa en Internet que se especialice en ayudar a los fabricantes con la automatización de fábricas. Describa los productos o servicios de la empresa e incluya su dirección Web.
3. Visite el sitio Web de Autodesk, la empresa que produce el software AutoCAD (www.autodesk.com). Explore el sitio para encontrar las páginas de noticias o de boletines de prensa de la empresa. Encuentre y resuma un boletín de prensa reciente interesante. Dé el título y la fecha del boletín de prensa.
4. Visite el sitio Web del productor alemán de software SAP (www.sap.com). Explore el sitio en busca de información sobre la última versión de su sistema de software R/3. Describa brevemente algunas de las nuevas características.
5. Busque en Internet un artículo que describa el uso de nueva tecnología en una organización de servicio. Resuma la forma en que la nueva tecnología está conduciendo a mejoras en las operaciones de la organización.

PROBLEMAS

Proyectos de campo

1. Visite una empresa manufacturera que tenga equipo automatizado. Enliste los tipos de tecnologías de producción automatizada que usted observe. Averigüe cuál es el equipo automatizado más reciente actualmente en operación. Obtenga las respuestas a estas preguntas: ¿Cuáles fueron las principales razones de la empresa o cuál fue la justificación para la automatización del proceso? ¿Ha llenado este equipo automatizado las expectativas de desempeño y costo de la empresa? ¿Se encontraron con alguna dificultad al instalar este equipo y al hacerlo operacional? ¿Cuánto tiempo se necesitó para instalarlo y hacer que fuera operacional? ¿Se desplazaron empleados en razón de la automatización y, de ser así, fueron reasignados?
2. Visite una empresa de servicio que tenga equipos o procesos automatizados. Enliste los tipos de tecnologías o procesos automatizados que usted observe. Averigüe cuál es el equipo o proceso automatizado más reciente, actualmente en operación. Obtenga las respuestas a estas preguntas: ¿Cuáles fueron las principales razones de la empresa o cuál fue la justificación para la automatización del proceso? Esta automatización del proceso, ¿ha cumplido las expectativas de desempeño y costo de la empresa? ¿Existió alguna dificultad en la implantación de la misma? ¿Cuánto tiempo tomó implantar la automatización? ¿Se desplazaron empleados en razón de la automatización y, de ser así, fueron reasignados?
3. Visite el departamento de policía local o alguna oficina gubernamental. Inquiera sobre algún equipo o proceso automatizado que actualmente esté en operación. Obtenga las respuestas a estas preguntas: ¿Cuáles fueron las principales razones o la justificación para automatizar el proceso? Esta automatización de procesos, ¿cumple con las expectativas de desempeño o de costo del departamento u oficina? ¿Apareció alguna dificultad en la implantación de la automatización? ¿Cuánto tiempo tomó implantar la automatización? ¿Se desplazaron empleados en razón de la automatización, y de ser así, fueron reasignados?

Análisis económico

4. Kidsplay Toy Company necesita una nueva máquina remachadora para reemplazar su máquina antigua, a la cual ya no se puede dar mantenimiento. La empresa necesita decidir entre una máquina remachadora semiautomática y una máquina remachadora totalmente automática. La máquina semiautomática tendrá un costo fijo anual de 4,800 dólares y un costo variable por remache de 0.23 dólares. La máquina totalmente automatizada tendrá un costo fijo anual de 12,200 dólares y un costo variable por remache de 0.18 dólares.
 - a. ¿Para qué rango de remaches anual sería cada una de las máquinas la preferida, con base únicamente en el costo anual?
 - b. ¿Qué otros factores deberían ser considerados al tomar esta decisión?

5. Great State Bank necesita una nueva máquina clasificadora de cheques y está considerando dos marcas, Vandine y Murcheck. La máquina Vandine está muy automatizada y tendría un costo anual fijo de 8,500 dólares y un costo variable de 35 dólares por clasificación. La máquina Murcheck está menos automatizada, requiriendo más tiempo de empleado, con un costo fijo anual de 7,000 dólares y un costo variable de 55 dólares por clasificación. El banco lleva a cabo sólo una clasificación al día y opera 248 días al año. Utilice un análisis de punto de equilibrio para estudiar este problema.
- Calcule el costo total anual de cada máquina. Con base sólo en el costo anual, ¿cuál sería la máquina preferida?
 - ¿Para cuántas clasificaciones por año le resultaría al banco indiferentes las dos máquinas?
 - ¿Qué otros factores deben considerarse al tomar esta decisión?
6. KinderRead Inc., produce material para ayudar a los padres de familia a enseñar a los estudiantes de jardín de niños a leer. La máquina empacadora de la empresa ya no puede manejar el volumen actual de producción, por lo que se están considerando dos nuevas máquinas. La máquina A está más automatizada que la máquina B, y también tiene un costo inicial más elevado. El costo anual fijo es de 5,500 dólares para la máquina A y de 4,000 dólares para la máquina B. El costo variable por unidad empacada es de 1.60 dólares para la máquina A y de 1.80 dólares con la máquina B.
- Si el volumen anual de producción es de 9,000 unidades, ¿qué máquina sería la preferida, con base sólo en el costo anual?
 - ¿Para qué rango de volumen anual de producción sería cada una de las máquinas la preferida, con base sólo en el costo anual?
 - Si el volumen anual de producción se espera sea de 7,500 unidades, ¿de qué manera deberá la compañía decidir qué máquina comprar?
7. Están disponibles dos opciones de proceso para producir un nuevo producto, una semiautomatizada y una totalmente automatizada. La opción semiautomatizada tendría un costo fijo anual de 450,000 dólares y un costo variable por unidad de 580 dólares. La opción totalmente automática tendría un costo fijo anual de 800,000 dólares y un costo variable por unidad de 375 dólares. El precio de venta del producto sería de 875 dólares por unidad. Los pronósticos de demanda para el nuevo producto todavía no están disponibles.
- Con base sólo en el costo anual, ¿para qué rango de volumen anual producido sería preferible cada una de las opciones de proceso?
 - ¿Cuál es el volumen de punto de equilibrio para la opción totalmente automatizada?
 - ¿Cuál sería la utilidad anual para la opción semiautomatizada, si el año que viene se produjeran y vendieran 2,150 unidades? ¿Cuál sería la utilidad anual para la opción totalmente automatizada?
8. Prestige Machine Works manufactura componentes para la industria aeronaval. A fin de hacerse más competitiva, la compañía ha decidido actualizar su tecnología de producción. Se están considerando tres tecnologías alternativas: manufactura celular (CM), máquinas de control numérico (N/C) y un sistema flexible de manufactura (FMS). Se espera que el volumen anual de producción sea de por lo menos 65,000 unidades al año durante los siguientes años, pero podría ser tan elevado como de 85,000 unidades al año. Los costos para las tres alternativas son:

	CM	N/C	FMS
Costo fijo anual (dólares)	85,000	230,000	410,000
Costo variable por unidad (dólares)	42.50	40.30	39.10

- Basándose en el costo anual, ¿a qué volumen anual le resultaría indiferente a la empresa las alternativas CM y N/C? ¿Y las alternativas N/C y FMS?
- Determine el costo anual total de cada alternativa, si el volumen total es de 65,000 y si el volumen anual es de 85,000.

- c. Sólo con base en la información obtenida, ¿qué tecnología de producción recomendaría usted para la empresa? ¿Por qué?
- d. ¿Qué otros factores deberán considerarse al tomar esta decisión?
9. Crystal Machining Company produce componentes de titanio para satélites. Debido a la creciente competencia, la empresa ha decidido modernizar sus instalaciones de producción. Se están considerando tres tecnologías de producción alternativas: manufactura celular (CM), máquinas de control numérico (N/C), y un sistema flexible de manufactura (FMS). El volumen anual de producción se espera esté entre las 15,000 y 20,000 unidades al año durante los siguientes años. Los costos para las tres alternativas son:

	CM	N/C	FMS
Costo fijo anual (dólares)	58,000	113,000	250,000
Costo variable por unidad (dólares)	189	175	168

- a. Con base en el costo anual, ¿a qué volumen anual le resultaría indiferente a la empresa entre las alternativas CM y N/C? ¿Y entre las alternativas N/C y FMS?
- b. Determine el costo anual total de cada alternativa, si el volumen anual es de 15,000 y si el volumen anual es de 20,000.
- c. Basándose sólo en la información proporcionada, ¿qué tecnología de producción recomendaría usted para la empresa? ¿Por qué?
- d. ¿Qué otros factores deberían ser considerados al tomar esta decisión?
10. Alice Li es la gerente de operaciones en una empresa de recolección de basura. Necesita decidir entre dos tecnologías alternativas para actualizar todos los camiones y recipientes de basura de la empresa. La alternativa A le costaría a la empresa inicialmente 400,000 dólares, pero le ahorraría 80,000 dólares al año, en comparación con la tecnología actual. La alternativa B costaría a la empresa 800,000 dólares y ahorraría a la misma 220,000 dólares al año. La vida esperada de las tecnologías es de 10 años. (Todas las estimaciones son después de impuestos y descontadas. Quizás antes de intentar resolver este problema desee usted repasar el método de recuperación de algún libro de finanzas o de alguna otra fuente.)
- a. Calcule el periodo de recuperación correspondiente a cada alternativa de tecnología.
- b. Durante los siguientes 10 años, ¿cuáles serían los ahorros totales netos para la empresa en cada alternativa de tecnología?
- c. ¿Qué otros factores deberían considerarse al tomar esta decisión?
11. Henry Hughes es gerente de operaciones de una clínica de salud. Henry está intentando decidir qué máquinas para análisis de sangre debe adquirir. El modelo A realiza análisis de sangre rápidamente, con menos participación de empleados. El modelo B está menos automatizado y requiere más tiempo de empleado para realizar los análisis de sangre. Las dos máquinas tienen una vida esperada de cinco años. La máquina A costaría inicialmente 8,000 dólares, y la B 5,000 dólares. Los ahorros en costo para la clínica aparecen abajo para cada máquina cada año. (Todas las estimaciones son después de impuestos y descontadas. Quizás antes de intentar resolver este problema desee usted repasar el método de recuperación de algún libro de finanzas o de alguna otra fuente.)

Año	Ahorros anuales	
	Máquina A (dólares)	Máquina B (dólares)
1	3,000	2,000
2	2,300	1,800
3	2,000	1,300
4	1,800	1,000
5	1,600	600

- a. Calcule el periodo de recuperación de cada máquina.

- b. Durante los siguientes cinco años, ¿cuáles serían los ahorros totales netos para la empresa, con cada una de las máquinas?
- c. Basado sólo en el análisis económico, ¿qué máquina recomendaría usted? ¿Por qué?
- d. ¿Qué otros factores deberán considerarse al tomar esta decisión?
12. José Rodríguez está a cargo de seleccionar una nueva impresora de alto volumen para su empresa. Dos impresoras disponibles, cada una de tecnología diferente, podrían llenar las necesidades de la empresa. Cada una de las impresoras tiene una vida esperada de seis años. La impresora Alpha costaría inicialmente 20,000 dólares y la impresora Beta 30,000 dólares. Los ahorros descontados, después de impuestos en comparación con la impresora actual se muestran a continuación, para cada una de las impresoras cada año. (Quizás antes de intentar resolver este problema desee usted repasar el método de recuperación de algún libro de finanzas o de alguna otra fuente.)

Año	Ahorros anuales (dólares)	
	Alfa	Beta
1	7,500	8,100
2	6,000	6,400
3	5,000	5,500
4	4,000	4,300
5	3,000	3,200
6	2,000	2,100

- a. Calcule el periodo de recuperación de cada una de las impresoras.
- b. Durante los siguientes seis años, ¿cuáles serían los ahorros totales netos para la empresa, con cada una de las impresoras?
- c. Basado únicamente en el análisis económico, ¿qué máquina recomendaría usted? ¿Por qué?
- d. ¿Qué otros factores deberán considerarse al tomar esta decisión?

Enfoque de la escala de calificación

13. Weston Flyrod Company manufactura cañas de pescar para los mercados estadounidense y europeo. La empresa desea actualizar su proceso de envoltura de grafito. Tonya Johnson es una analista de producción, a quien se ha encomendado la tarea de recomendar una de dos tecnologías alternativas para la aplicación del grafito. Cada una de ellas tiene sus puntos fuertes y débiles. Se ha preparado la siguiente información, como ayuda en la comparación:

Factores	Alternativa 1	Alternativa 2
Factor económico:		
Costo anual de operación (dólares)	85,000	125,000
Otros factores:		
Calidad del producto	4	5
Flexibilidad en el producto	2	5
Flexibilidad en el volumen	4	3
Necesidades de mantenimiento	5	2
Necesidades de capacitación	4	2
Tiempo de implantación	5	2

Nota: Se utiliza una escala de calificación de cinco puntos: 5 = excelente, 4 = bueno, 3 = promedio, 2 = por debajo del promedio y 1 = pobre.

- ¿Qué alternativa de tecnología piensa usted que la señora Johnson debería recomendar? ¿Por qué?
14. Missoula Steel Company corta piezas diseñadas, según el cliente, de placa de acero. La tecnología actual de la empresa permite cortar placas de acero hasta con un espesor de 1/4 de pulgada. La empresa desearía adquirir una nueva máquina cortadora, con una tecnología

EJEMPLO 7.1

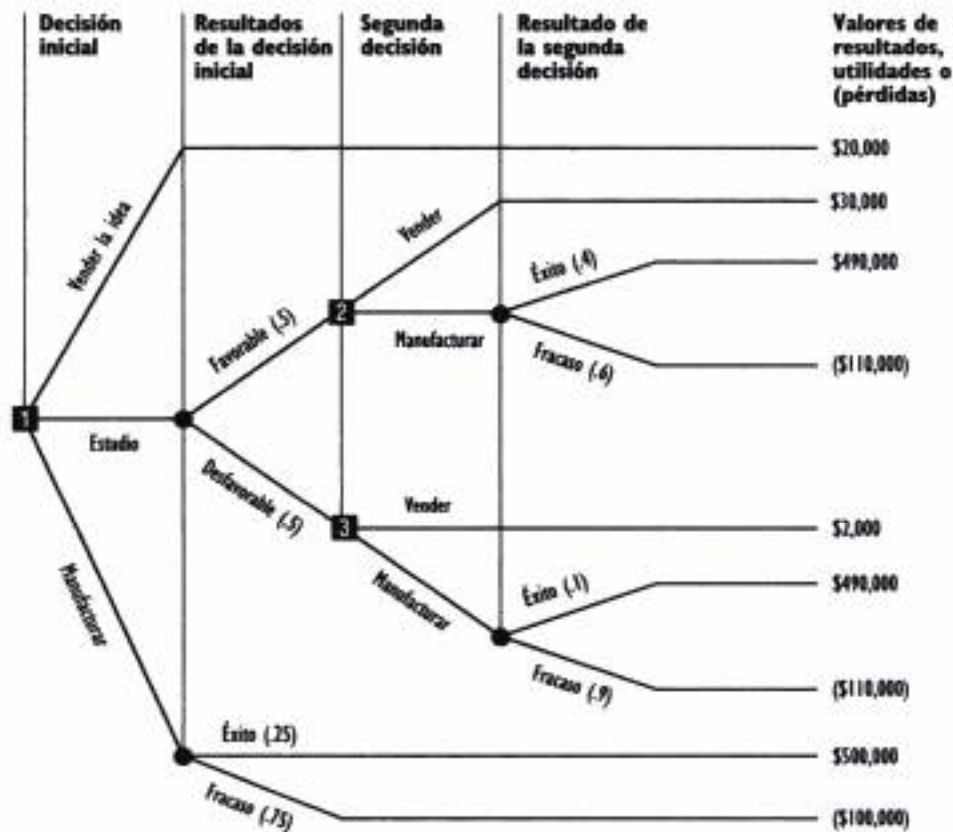
ÁRBOL DE DECISIONES: ¿MANUFACTURAR O NO MANUFACTURAR?

Biltmore Manufacturing ha desarrollado un nuevo producto prometedor. La gerencia de la empresa encara tres opciones: puede vender la idea del nuevo producto a otra compañía por 20,000 dólares; puede contratar un asesor para que estudie el mercado y tomar una decisión o puede obtener financiamiento para la construcción de instalaciones y manufacturar y comercializar dicho producto.

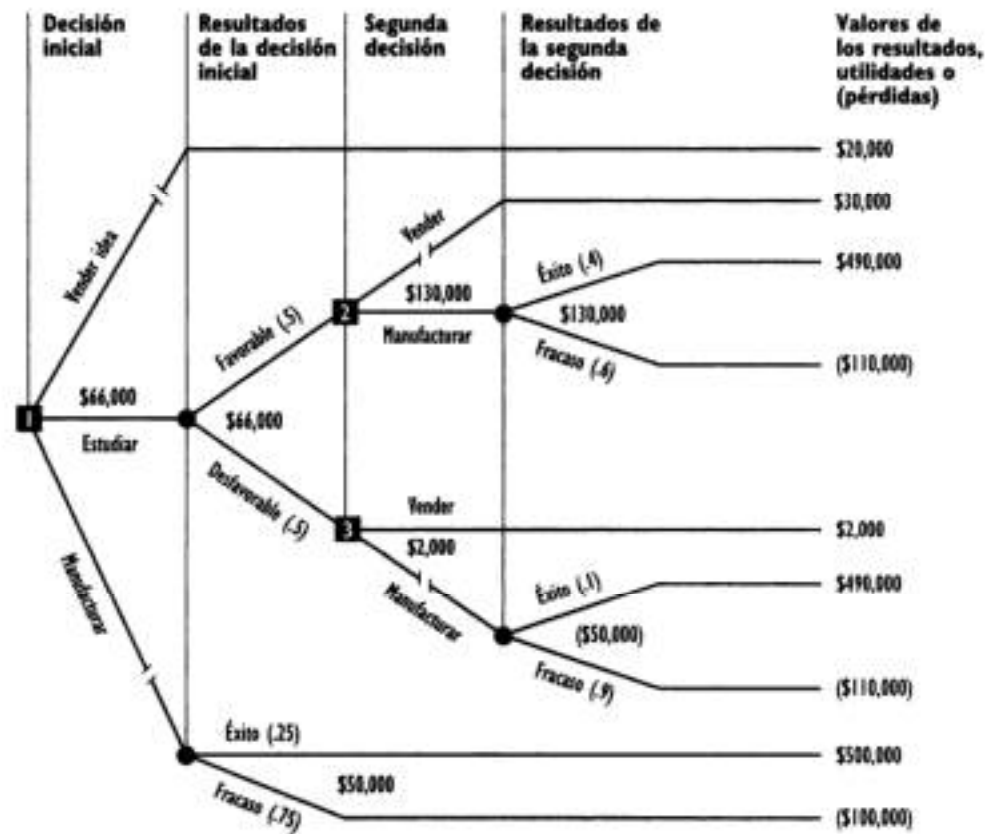
El estudio le costará a Biltmore 10,000 dólares, y la administración cree que existe una probabilidad de 50-50 de que éste encuentre que el mercado es favorable. Si el estudio indica desfavorable, la gerencia calcula que aún así podrá vender la idea en 12,000 dólares; si el estudio indica favorable, calcula que podrá vender la idea en 40,000 dólares. Pero incluso si se encuentra un mercado favorable, la oportunidad de tener un producto final de éxito es aproximadamente dos de cada cinco. Un producto de éxito tendría un rendimiento de 500,000 dólares. Incluso ante un estudio no favorable, un producto de éxito se puede esperar que ocurra una vez cada diez introducciones de nuevos productos. Si la gerencia de Biltmore decide manufacturar el producto sin estudio, sólo habrá una oportunidad en cuatro de que tenga éxito. Una falla del producto costará 100,000 dólares. ¿Qué debería hacer Biltmore?

SOLUCIÓN

1. Dibuje un árbol de izquierda a derecha con cuadros (□) como las decisiones y círculos (○) para los eventos aleatorios. Estas decisiones y eventos aleatorios a menudo se conocen como **nodos u horquillas**. Escriba los valores de los resultados (pérdidas o ganancias) sobre el margen derecho, y la probabilidad de la ocurrencia de los sucesos entre paréntesis en las ramas, a la derecha de los círculos.



2. Procediendo de derecha a izquierda, calcule el valor esperado (EV) en cada círculo de los eventos aleatorios, hasta llegar a la segunda decisión. Escriba el valor de EV a la derecha de cada círculo. Por ejemplo, el EV de los eventos aleatorios de manufactura —decisión [2]— se calcula así: $EV = 0.4(490,000 \text{ dls}) + 0.6(-110,000 \text{ dls}) = 130,000 \text{ dls}$. Al continuar de derecha a izquierda, decida cuál de las alternativas para la segunda decisión ([2] y [3]) tiene el EV más elevado. Escriba el EV seleccionado a la derecha de los cuadros de decisión y pódese (-/ -) todas las demás ramas. Continúe trabajando de derecha a izquierda como antes, y calcule el EV para la decisión inicial. Por ejemplo, el EV para la alternativa del estudio se calcula como sigue: $EV = 0.5(130,000 \text{ dls}) + 0.5(2,000 \text{ dls}) = 66,000 \text{ dólares}$.



3. El EV de la decisión inicial es 66,000 dólares. La secuencia de decisiones se deduce al seguir las ramas no podadas del árbol de izquierda a derecha: estudio, si favorable, manufacturar; si desfavorable, vender.

Utilice el enfoque de las calificaciones relativas agregadas para comparar las dos alternativas de tecnología. ¿Qué alternativa recomendaría usted al señor Lefleur? ¿Por qué?

CASOS

GOLDEN KERNAL PROCESSING COMPANY I

Delana Lightfoot es analista de producción en la planta de procesamiento de Golden Kernal, que procesa maíz en grano. El proyecto actual de Delana es evaluar diferentes niveles de automatización para la inspección de control de calidad de los granos de maíz. La opción 1 es asignar una cantidad de empleados a lo largo de la banda transportadora, para inspeccionar manualmente los granos de maíz conforme pasan y seleccionar los granos pequeños o de distinto color. La opción 2 involucra utilizar menos empleados que sólo revisan buscando granos de color distinto y haciendo pasar a continuación el maíz por una criba, que filtra las semillas pequeñas. La opción 3 sería adquirir una máquina totalmente automática de tecnología de punta, que utiliza cámaras de video, una estación de trabajo de computadora y pequeños impulsos de aire. Esta máquina puede inspeccionar automáticamente los granos individuales de maíz, por lo que se refiere a tamaño y color, conforme la banda transportadora mueve por la máquina los granos en una sola capa. Los granos de calidad inferior se eliminan mediante un pequeño sople de aire precisamente dirigido; conforme pasan por encima de un tubo de aire perforado.

Como Delana esperaba, los costos iniciales de cada opción varían de manera sustancial. Investigó el costo de cada una de las opciones y ha resumido la información en la tabla que sigue:

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Costo fijo anual (dólares)	2,500	4,500	27,000
Costo variable por millar de libras (dólares)	100	80	20

Tarea

1. Con base en el costo anual, determine el volumen anual (en miles de libras) en el cual le resultaría indiferente a la empresa entre la opción 1 y la 2; entre la opción 2 y la 3, y entre la opción 1 y la 3.
2. Elabore una tabla que muestre el costo total anual de cada opción, si el volumen anual (en miles de libras) es 50, 200, 350 y 500. Circule el costo más bajo de cada volumen anual.
3. Con base sólo en el costo anual, ¿para qué rango de volúmenes anuales sería preferible cada una de las opciones?
4. ¿Qué factores distintos al costo anual deberían considerarse al tomar esta decisión?

GOLDEN KERNAL PROCESSING COMPANY II

Consulte el caso anterior (Golden Kernal Processing Company I) para una descripción de las alternativas tecnológicas. Después de analizar inicialmente los costos anuales de las tres alternativas tecnológicas, Delana Lightfoot descubrió que se había cometido un error. El costo fijo anual de la opción 2 debería haber sido 10,500 dólares, en vez de 4,500 dólares. Delana debe ahora repetir el análisis, utilizando el valor correcto. La información completa y corregida es:

	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Costo fijo anual (dólares)	2,500	10,500	27,000
Costo variable por miles de libras (dólares)	100	80	20

Tarea

1. Con base en el costo anual, determine el volumen anual (en miles de libras) en el cual le resultaría indiferente a la empresa entre la opción 1 y la 2; entre la opción 2 y la 3, y entre la opción 1 y la 3.
2. Elabore una tabla que muestre el costo total anual de cada opción, si el volumen anual (en miles de libras) es 50, 300, 350 y 500. Circule el costo más bajo de cada volumen anual.
3. Con base sólo en el costo anual, ¿para qué rango de volúmenes anuales se preferiría cada una de las opciones?
4. ¿Qué factores distintos al costo anual deberían considerarse al tomar esta decisión?

WESTERN ARIZONA UNIVERSITY

La doctora Anne González es directora de recursos de computación en Western Arizona University (WAU). La legislatura del estado ha asignado recientemente una cantidad de dinero para mejoras en computación en WAU. Los fondos deben utilizarse para actualizar la infraestructura de la red de computadoras en WAU y adquirir equipo adicional para el laboratorio de cómputo. La intención de los legisladores es proporcionar un acceso rápido por red a todas las oficinas, salones de clase, laboratorios y dormitorios de la universidad. La doctora González es responsable de recomendar qué tecnología de red de computadora será la mejor para la universidad.

Ella cree que solamente dos alternativas de tecnología de red serían adecuadas, pero la decisión de cuál es la mejor ha sido difícil. Las dos alternativas de tecnología son una red de cable de fibra óptica y una red de tecnología inalámbrica. Una red de cable de fibra óptica costaría inicialmente 1.3 millones de dólares y requeriría de un desembolso anual por mantenimiento de 140,000 dólares. Una red de tecnología inalámbrica costaría inicialmente 1.9 millones de dólares y requeriría un desembolso de mantenimiento anual de 90,000 dólares.

Hay muchos otros factores importantes en la selección del tipo de tecnología de red. Cada tecnología tiene diferentes fortalezas, que beneficiarían tanto a estudiantes como al profesorado. Bajo la dirección de la doctora González, un asistente graduado preparó la siguiente información, como ayuda para la decisión:

Factores	Coeficiente de ponderación del factor	Calificaciones	
		Fibra óptica	Inalámbrico
Factor económico:			
Costo inicial (dólares)	0.10	1,300,000	1,900,000
Costo anual de mantenimiento (dólares)	0.25	140,000	90,000
Otros factores:			
Calidad de la señal de datos	0.15	1.0	0.7
Conveniencia de conexión	0.10	0.6	1.0
Velocidad de transmisión de datos	0.10	0.8	0.6
Ancho de banda para los datos	0.10	0.8	0.7
Actualización futura	0.10	0.6	0.8
Esfuerzo de capacitación	0.05	0.8	0.6
Tiempo de implantación	0.05	0.4	0.8

Nota: una calificación más elevada es mejor.

Tarea

1. Utilice el enfoque de las calificaciones relativas agregadas para comparar las tecnologías.
2. ¿Qué tecnología aconsejaría usted a la doctora González que utilizara? ¿Por qué?
3. ¿Qué otros factores deberían ser considerados en esta decisión?

NOTAS FINALES

1. Price, Robert M., "Technology and Strategic Advantage". *California Management Review* 38, no. 3 (primavera 1996): 38-56.
2. Paula, Greg. "Automating Lens Manufacturing". *Mechanical Engineering* 119, no. 3 (marzo 1997): 88-91.
3. "Invasion of the Robots". *Business Week*, 3 de marzo, 1997, 74-75.
4. Groover, Mikell P. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*, pág. 171. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1987.
5. Cox, James F., III, John H. Blackstone y Michael S. Spencer, editores. *APICS Dictionary*, 8a. edición, págs. 14-15. Falles Church, VA: APICS—The Educational Society for Resource Management, 1995.
6. *Ibid.*
7. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*, págs. 721-722.
8. Green, Lee. "Gearing Up for CIM". *Information Week*, 13 de abril, 1987, 24-25.
9. Brown, Eryn. "The Best Software Business Bill Gates Doesn't Own". *Fortune*, 19 de diciembre, 1997, 242-250.
10. "The New Factory Worker". *Business Week*, 30 de septiembre, 1996, 59-68.
11. "Carpet Firm Sets Up an In-House School to Stay Competitive". *Wall Street Journal*, 5 de octubre, 1992, A1; "Old Mill Pioneers Workers Education". *New York Times*, 18 de enero, 1993, A10.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

- Beall, Michael E. y Howard M. Fulmer. *AutoCAD 14 Fundamentals*. Indianapolis, IN: New Riders Publishing, 1997.
- Brown, Eryn. "The Best Software Business Bill Gates Doesn't Own". *Fortune*, 29 de diciembre de 1997, 242-250.
- Cohen, Morris A. y Uday M. Apte. *Manufacturing Automation*. Chicago: Irwin, 1997.
- Cox, James F., III, John H. Blackstone, Jr. y Michael S. Spencer, eds. *APICS Dictionary*, 8a. ed. Falls Church, VA: APICS—The Educational Society for Resource Management, 1995.
- Groover, Mikell P. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1987.
- Hall, George M. *The Age of Automation: Technical Genius, Social Dilemma*. Westport, CT: Praeger Publishing, 1995.
- Hernández, José Antonio. *The SAP R/3 Handbook*. Nueva York: McGraw-Hill, 1997.
- Kantrow, Alan M. "The Strategy-Technology Connection". *Harvard Business Review* 58 (Julio-Agosto de 1980): 6-21.
- MacHoyer, Carl, ed. *The CAD/CAM Handbook*. Nueva York: McGraw-Hill, 1996.
- Melnik, Steven A. y Ram Narasimhan. *Computer Integrated Manufacturing*. Homewood, IL: Business One Irwin, 1992.
- Monroe, Joseph. "Strategic Use of Technology". *California Management Review* (verano de 1989): 91-110.
- Palmer, Roger C. *The Bar Code Book: Reading, Printing, and Specification of Bar Code Symbols*. Peterborough, NH: Helmers Publishing, 1995.
- Price, Robert M. "Technology and Strategic Advantage". *California Management Review* 38, no. 3 (primavera de 1996): 38-56.
- Sharpe, Simon y Deanna Wright. *10 Minute Guide to SAP R/3*. Indianapolis, IN: Que, 1997.
- Shumaker, Terence M., y David A. Madsen. *AutoCAD and Its Applications Basics: Release 14*. Tinley Park, IL: Goodheart-Willcox Co., 1998.
- Soloman, Sabrie. *Affordable Automation*. Nueva York: McGraw-Hill, 1996.
- "Special Report: Mom y Pop Go High Tech". *Business Week*, 21 de noviembre de 1994, 82-90.
- "The New Factory Worker". *Business Week*, 30 de septiembre de 1996, 59-68.