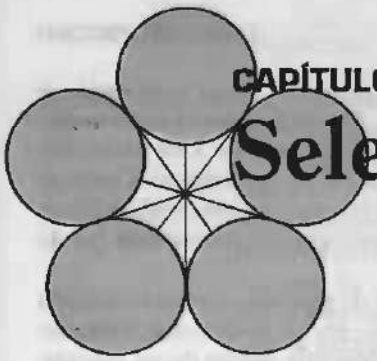


CAPÍTULO 7

Selección de tecnología

7.1 La tecnología y el administrador
7.2 La tecnología y la sociedad
7.3 La fábrica del futuro
Diseño asistido por computadora
Manufactura asistida por computadora
Robótica
Justificación
7.4 Las oficinas y los servicios del futuro
Tecnología para oficinas
Industrias de servicio
7.5 Selección de tecnología
7.6 Puntos clave
Preguntas
Lecturas recomendadas

La tecnología se ha convertido en un factor dominante en las empresas y en nuestras vidas. El implacable avance de la tecnología se ha denominado "determinismo tecnológico", lo cual quiere decir que la tecnología determina el curso de la sociedad y parece dejarnos sin opinión sobre el asunto. Sin embargo, la gente se ha dado cuenta, por fin, de que sí existe una selección de tecnologías. Esto se ilustra dramáticamente mediante la decisión de no producir la aeronave para transporte supersónico (PSS).

Peter Drucker alega que debemos aprender a convertirnos en administradores agresivos de la tecnología mediante la selección de ciertas tecnologías y el rechazo de otras. Él apunta al hecho de que la sobrevivencia de este planeta requiere de decisiones tecnológicas inteligentes; no debe adoptarse cualquier "avance tecnológico", independientemente de sus efectos laterales negativos sobre los humanos y el medio ambiente. Por lo tanto es necesario convertirnos en "administradores de tecnología" y no sólo en "usuarios de tecnología"

En este capítulo se ofrecen dos definiciones de tecnología. Una es *la aplicación de los conocimientos para resolver los problemas humanos*. Esta definición es extremadamente amplia e incluso abarca casi todas las actividades humanas. Una definición de tecnología más delimitada y que se usará en el resto del capítulo es: *el juego de procesos, herramientas, métodos, procedimientos y equipo que se utiliza para producir bienes y servicios*. Esta definición habla claramente de la tecnología del proceso más que de la tecnología del producto.

En los últimos dos capítulos se estudió la selección de procesos, que en su sentido más amplio es un asunto de selección de tecnología. En un sentido más limitado también existen muchas posibles selecciones de tecnología dentro de un proceso específico. Por ejemplo, un flujo de línea no requiere de un proceso de conversión altamente automatizado, aunque con frecuencia se utiliza un amplio grado de automatización. Se podría elegir el uso de un flujo de línea con gran intensidad de mano de obra y aún así tener una eficiencia considerable en relación con los flujos intermitentes. De manera similar, un proceso intermitente puede utilizar una amplia gama de automatización desde un nivel muy bajo hasta un nivel muy alto. Es decir, el nivel de tecnología o grado de automatización es una decisión independiente del tipo de proceso que se utiliza.

Sin embargo, las decisiones sobre la selección de procesos y la de tecnología se relacionan y se entrelazan íntimamente. No en forma necesaria una de estas decisiones precederá a la otra debido a que en la práctica, con frecuencia ambas decisiones se toman en conjunto. Las decisiones se dividieron en capítulos separados simplemente para facilitar su estudio.

El asunto de la selección de tecnología tiene un gran impacto sobre todas las partes de las operaciones. En particular el diseño de puestos se ve muy afectado por la selección de tecnología. En el pasado se suponía incluso que el diseño de puestos venía inmediatamente después de la selección de tecnología. En otras palabras, el puesto es determinado por la tecnología; esto es el determinismo tecnológico. El diseño de puestos y la selección de tecnología no son considerados, por muchos, como decisiones simultáneas que dan como resultado un diseño sociotécnico. Con este enfoque, los sistemas social y técnico se optimizan en conjunto como se muestra en la figura 7.1. El resultado no es simplemente el sistema más eficiente en cuanto a costos sino que también toma en consideración los valores humanos y sociales. Se dirá mucho más sobre este tema en el capítulo 18.

Sin embargo, además de los puestos, la selección de tecnología afecta a todos los

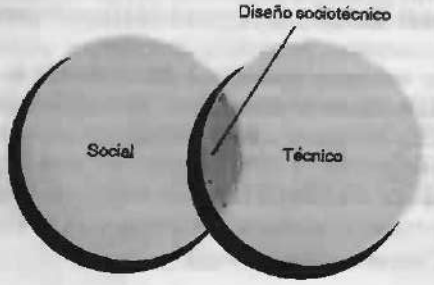


FIGURA 7.1
Diseño de sistemas sociotécnicos.

aspectos de las operaciones, incluyendo la productividad y la calidad del producto. Por supuesto, la productividad se ve afectada a través de la sustitución de la mano de obra por bienes de capital. La calidad se ve afectada puesto que los sistemas con alto nivel tecnológico con frecuencia tienen una producción más uniforme que los sistemas con menor nivel tecnológico. Las decisiones de tecnología también afectan la estrategia corporativa al limitarla con procesos, equipos, instalaciones y procedimientos. Es decir, la selección de tecnología no es una decisión aislada sino que afecta a todas las partes de las operaciones y las empresas.

En la primera parte de este capítulo se estudiará el papel de los administradores y de la sociedad en la selección de tecnología. Esta parte del capítulo trata esencialmente de las influencias que afectan a la selección de tecnología de proceso de una compañía. La segunda parte del capítulo describe brevemente algunas de las tecnologías de reciente surgimiento, con énfasis en la fábrica del futuro, la oficina automatizada y las industrias de servicio. El capítulo termina con una sección sobre la decisión tecnológica misma y el problema de la selección de tecnología.

7.1 LA TECNOLOGÍA Y EL ADMINISTRADOR

¿Qué debe saber el administrador sobre la tecnología? Después de todo, ¿no es cierto que los temas de tecnología deben dejarse a los científicos y a los ingenieros? ¿Cómo se puede esperar que un administrador domine las complejidades de la tecnología cuando los tecnólogos han pasado su vida estudiando el tema? Éstas son preguntas importantes y reflejan los temores de algunos administradores sobre la tecnología.

Todos nosotros tomamos decisiones tecnológicas en la vida diaria. Compramos televisores a colores, hornos de microondas y automóviles, y con frecuencia utilizamos tecnología compleja. Al realizar estas selecciones diarias, nos concentramos en las características de rendimiento de la tecnología, no en la ingeniería ni en los detalles técnicos. Cuando se compra un televisor a color, los puntos de interés son las características de rendimiento y la claridad de la imagen, así como el consumo de energía y el costo. El interés no se centra particularmente en el número de etapas de frecuencia de radio ni en el voltaje del cinescopio. Cuando se compra un automóvil el interés radica en sus cualidades de manejo, consumo de combustible y probable costo futuro de las reparaciones. El interés no radica en las revoluciones por minuto del motor ni en la relación del diferencial delantero. De la misma manera, el administrador debe preocuparse por las características de rendimiento de una tecnología y no por sus detalles técnicos.

Las decisiones de selección de tecnología son de extrema importancia y requieren de atención gerencial. Estas decisiones, en última instancia, no tienen una naturaleza verdaderamente técnica. La tecnología es sólo la componente de una decisión que involucra temas económicos, de estrategia, de productos y todos los aspectos de la responsabilidad gerencial. Es decir, los administradores deben estar dispuestos a comprender lo suficiente de la tecnología como para poder integrar sus conocimientos técnicos con los factores administrativos involucrados.

Los investigadores de la *Harvard Business School* ilustraron el problema de la selección de tecnología como sigue:

Considere un ejemplo sencillo de tecnología de equipo, el proceso para cortar el pasto, una podadora de césped.

Una podadora de césped podría describírsele a un posible comprador como sigue: "cuesta 128 dólares. Tiene un motor para gasolina y corta un sendero de pasto de 60 centímetros de ancho, además de estar bien hecha por un fabricante prestigiado".

Un posible comprador con aversión a la tecnología podría decir: "Me la llevo", y llegar a su casa y encontrarse con un césped que tiene 16 centímetros de alto y que:

La tecnología de corte se basa en un rodillo que se mueve después de una barra de corte. No puede manejar pasto que sea más alto que la mitad del diámetro del rodillo. La podadora se limitó a empujar hacia adelante y hacia abajo la hierba de 16 centímetros de largo.

Se suponía que se movería por sí sola, pero no tenía un dispositivo efectivo para liberar las ruedas, por lo que no era posible trabajar cerca ni alrededor de un jardín formal.

Se tardaba 30 minutos en cambiar la altura de corte que tenía la podadora a una altura donde fuera capaz de cortar el pasto de la ladera de una colina y no el pasto normal de un prado.

La podadora tampoco era lo suficientemente potente como para cortar pasto húmedo o grueso ni para cortar colina arriba.

No recogía las hojas.

Tenía un motor de dos ciclos, lo cual significaba que se tenía que mezclar aceite con gasolina cada vez que se llenaba el pequeño tanque.

Este comprador debía haber adquirido una podadora con potencia adicional, de cuatro ciclos, de movimiento automático, de fácil manejo para maniobras difíciles y con un mecanismo simple para ajustar la altura.

Comprender el equipo y la tecnología de proceso de la podadora de pasto para poder tomar una decisión inteligente sobre la compra de la maquinaria, hubiera hecho necesario que el propietario-administrador desarrollara un concepto mental exacto o una imagen del proceso de corte del pasto con la máquina funcionando en la ladera de una colina y en terreno nivelado, bajo una gran variedad de condiciones físicas, tomando en consideración el tiempo del operador, el dinero y las habilidades necesarias. El error más importante, por supuesto, se dio en la selección de una podadora de rodillo en lugar de una con cuchilla rotatoria. Sin embargo, en el caso de una casa que tuviera ventanas de vidrio bajas y grandes y que estuviera cerca de las casas de los vecinos con construcción similar, el comprador hubiera necesitado tomar en consideración el peligro que implicaban las piedras que salen despedidas por la podadora rotatoria. En cualquiera de los casos, una aproximación conceptual razonablemente buena a la acción de

corte del pasto hubiera traído a la luz suficientes de las preguntas apropiadas para llevar a otras preguntas útiles.

La selección de tecnología en las operaciones de la industria manufacturera o de servicios, tiene mucho paralelismo con este problema de la podadora de césped. Este ejemplo demuestra que los administradores deben estudiar el proceso de operaciones a profundidad antes de hacer una selección de tecnología. El administrador debe evaluar las características de rendimiento de la tecnología junto con sus implicaciones económicas y administrativas. La manera de hacerlo se ilustrará con mayores detalles más adelante en este capítulo.

7.2 LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD

La selección de tecnología nunca es neutral en relación con la sociedad y la fuerza de trabajo. La tecnología hace suposiciones implícitas sobre los valores humanos de los productos materiales, sobre la calidad de la vida de trabajo y así sucesivamente. En la actualidad, conforme la gente se preocupa cada vez más por el efecto de la tecnología sobre la sociedad, se han cuestionado algunos de estos valores.

En los últimos años algunos sociólogos y economistas comenzaron a tomar en consideración la "tecnología apropiada", la "simplicidad voluntaria" o el concepto de que "lo pequeño es hermoso". De acuerdo con este pensamiento, la tecnología moderna avanzó demasiado en términos de eficiencia y mecanización, hasta un punto en donde los valores humanos y ambientales se han visto sacrificados. Estos efectos se reflejan en la baja satisfacción con los puestos, la pérdida del sentido de significado en el trabajo, el ausentismo, la contaminación ambiental y otras enfermedades sociales. De acuerdo con este pensamiento, la manera de resolver estos problemas es seleccionar una tecnología más apropiada (una forma más baja de tecnología con menos efectos sociales y ambientales). Los escritores que abordan el tema de la tecnología apropiada no sugieren regresar a la industria elemental sino más bien buscar una forma intermedia de la tecnología, entre los niveles más altos y los más bajos. Algunas formas de producción en masa podrían conservarse; sin embargo, las decisiones tecnológicas deben tomarse siempre a la luz de sus consecuencias ambientales y sociales así como de sus efectos económicos.

Quizás el defensor más conocido de este enfoque es E. F. Schumacher, quien escribe en su libro *Small Is Beautiful* (pp. 13-15):

> Uno de los errores más grandes de nuestra era es la creencia de que se ha resuelto "el problema de la producción". Esto no sólo se cree firmemente entre las gentes que se encuentran alejadas de la producción y por lo tanto no tienen contacto profesional con los hechos, sino que es sostenido por casi todos los expertos, los capitanes de la industria, los administradores económicos de los gobiernos del mundo, los economistas académicos y no tan académicos, por no mencionar a los periodistas de finanzas. Pueden estar en desacuerdo sobre muchas cosas; sin embargo, todos consideran que se ha resuelto el problema de la producción, que la humanidad por fin ha madurado. En el caso de los países ricos, dicen ellos, la

> tarea más importante es "educar para aprovechar el tiempo libre" y en el caso de los países pobres es la "transferencia de tecnología" . . .
>
> La ilusión de poder ilimitado, alimentada por los sorprendentes logros científicos y tecnológicos, ha producido la ilusión de haber resuelto el problema de la producción. Esta última ilusión se basa en la imposibilidad de distinguir entre ingresos y capital en los puntos en donde esta distinción es más importante. Todos los economistas y empresarios están familiarizados con la distinción y la aplican de manera consciente y con considerable sutileza en todos los asuntos económicos, con excepción de donde realmente importa: es decir, el irremplazable capital que el hombre no produce sino que tan sólo encuentra, y sin el cual no puede hacer nada.
>
> Ningún empresario considerará que una empresa ha resuelto sus problemas de producción y logrado una viabilidad si observa que consume rápidamente su capital. ¿Cómo pudimos pasar por alto entonces este hecho vital cuando se trata de la más grande empresa, de la economía, de la nave espacial llamada Tierra y en particular de la economía de sus pasajeros más ricos?
>
> Una razón para no haber advertido este factor vital es que estamos alejados de la realidad, tenemos la tendencia a considerar de poco valor todo aquello que no fabricamos nosotros mismos . . .

Schumacher señala que nuestro sistema económico no toma en consideración de manera apropiada el costo de la utilización de los recursos naturales no renovables. Estos insumos se consideran gratuitos con excepción del costo de extraerlos de la tierra. Más aún, el costo de la contaminación y de la insatisfacción humana respecto al trabajo no se toma en consideración en nuestros sistemas económicos. Schumacher considera que el resultado son tecnologías que se vuelven cada vez más grandes y consumen con rapidez nuestros recursos naturales.

La solución a estos problemas, que fue sugerida por Schumacher y otros, es adoptar la tecnología apropiada. Wakefield y Stafford (1977) describen la tecnología apropiada como aquella que utiliza una mezcla de tecnologías de alto nivel, nivel intermedio y nivel bajo que se encuentren en armonía con las necesidades ambientales y humanas de la sociedad.

Resulta claro que los cambios en la tecnología no se lograrán con facilidad o rapidez, ni carecen de efectos sociales y políticos. Lo que sí es significativo respecto al pensamiento tecnológico apropiado es haberse dado cuenta de que los administradores sí tienen posibilidad de elección. Podemos ser administradores de la tecnología. Debemos cuestionarnos seriamente si la más elevada forma de tecnología es la mejor y si la economía tradicional refleja de manera apropiada los sistemas de valores de hoy en día.

Sin embargo, no es posible seleccionar una tecnología sin comprender las diversas tecnologías disponibles. En la siguiente sección se hace un breve resumen de las tecnologías disponibles para las fábricas, seguido por una descripción de las tecnologías para las oficinas y las industrias de servicio.

7.3 LA FÁBRICA DEL FUTURO

La "fábrica del futuro" es un término que recientemente recibió mucha publicidad en la prensa. El concepto popular es que la fábrica del futuro estará poblada por robots, denominados trabajadores con cuello de acero, y fabricará productos sin utilizar gente. Con seguridad algunas de éstas fábricas "sin gente" ya existen y construirán más de ellas en el futuro. Sin embargo, la esencia de la fábrica del futuro no radica en más automatización y menos gente, sino en un tipo diferente de

CUADRO 7.1

FABRICACIÓN INTEGRADA POR COMPUTADORA EN ALLEN-BRADLEY

Una planta de fabricación integrada por computadora puede ser una visión impactante. La fábrica *Allen-Bradley* en Milwaukee, Wisconsin, es de este tipo. Esta fábrica hace contactos eléctricos que se utilizan como arrancadores de motores en más de 125 variedades y se producen a una velocidad de 600 contactos por hora.

El aspecto más impresionante de la fábrica *Allen-Bradley* es que produce todos los días lo que se pidió el día anterior. Esto hace que la fábrica haga contactos en lotes tan pequeños como uno o en las cantidades que pida el cliente. Esta hazaña se logra mediante una impresionante red de computadoras y 26 máquinas automáticas. No hay operadores en la fábrica sino sólo algunas personas de mantenimiento, un supervisor y personal de apoyo. El material se coloca en una entrada de la fábrica y los contactos terminados se embarcan por la otra salida, con un flujo más o menos continuo.

Cada mañana se descargan los pedidos de 40 oficinas de ventas y 400 distribuidores en todo el mundo en la computadora principal de *Allen-Bradley*. Cada pedido se programa para su producción en el orden en que los clientes lo hayan solicitado. Antes de terminar el día, se produce el pedido, se empaca y se embarca al cliente. Este enfoque elimina virtualmente el inventario y permite que la planta tenga una rotación de inventario de un margen de 50 a 100 veces por año.

El sistema también cuenta con una extensa gama interconectada de controles de calidad. Cada parte se revisa de manera automática y el equipo se apaga para su mantenimiento cuando se exceden los límites de control estadístico. El mantenimiento rutinario asegura que se mantenga el nivel más bajo de tiempo perdido.

Esta fábrica fue diseñada por un equipo de gente con información de todas las especialidades incluyendo mercadotecnia, control de calidad, procesamiento de datos, desarrollo del producto, manufactura, empaque y costos y finanzas. Este enfoque integrado hizo posible diseñar el producto y el proceso para un ensamble automático. La mayor parte de la maquinaria se diseñó específicamente para esta aplicación y los proveedores se vieron involucrados en el proyecto desde el principio.

Éste es un ejemplo de una operación en la etapa 4 (véase el capítulo 2) que ha logrado una condición competitiva a nivel mundial. El producto y el proceso se diseñaron para satisfacer objetivos estratégicos específicos y todas las funciones se integraron bien desde el principio. El costo de la inversión de 15 millones se paga solamente con los ahorros en inventario, en comparación con el enfoque de ensamble tradicional. A través del uso del CIM, *Allen-Bradley* logró sus objetivos de manufactura y empresariales.

Fuente: Visita física del autor, y "Allen-Bradley Puts Its Automation Where Its Market Is", *Material Handling Engineering*, julio de 1985.

automatización organizado alrededor de las computadoras. La fábrica del futuro utilizará computadoras para diseñar los productos, controlar las máquinas, manejar los materiales y controlar el proceso de producción en forma *integrada*. La clave es la computarización y la integración de los distintos procesos y funciones separados por medio de una base de datos centralizada en una computadora. Este concepto de la fábrica del futuro también se denomina fabricación asistida por computadora (CIM por sus siglas en inglés: *Computer-Integrated Manufacturing*).

Recientemente *IBM* instaló una fábrica CIM en Austin, Texas, para producir las computadoras portátiles denominadas "lap-top". Se trata de la primera computadora totalmente construida por robots. En realidad la fábrica se puede programar para construir cualquier producto electrónico que pueda caber en un tubo de 60 cm × 60 cm × 36 cm (véase Saporito [1986]). *Allen-Bradley* también construyó una

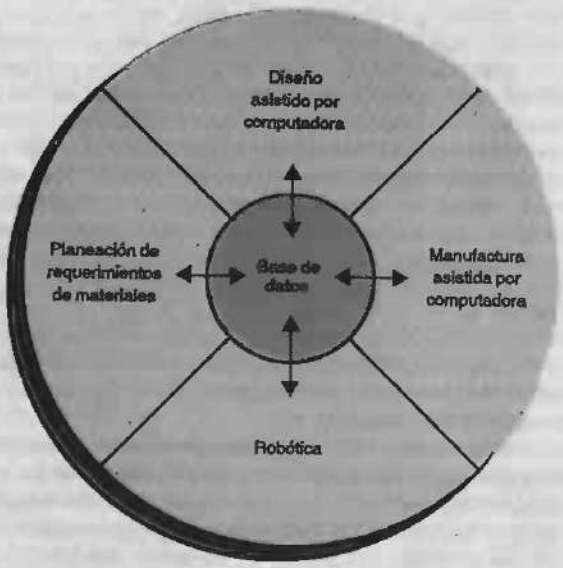


FIGURA 7.2
Manufactura integrada por computadora.

fábrica CIM en Milwaukee, Wisconsin, como se describe en el cuadro 7.1. Sin embargo, estas fábricas son más la excepción que la regla en el momento presente. Pasarán muchos años antes de que se adopte ampliamente la tecnología CIM.

La fábrica del futuro o CIM, tendrá los siguientes elementos integrados a través de una base de datos por computadora: diseño asistido por computadora, manufactura asistida por computadora, robótica y planeación de requerimientos de materiales o MRP, por sus siglas en inglés (véase la figura 7.3). Estos elementos resultan esenciales para diseñar el producto y la manufactura desde su concepción hasta su producción y eventual distribución. Cada uno de estos elementos se describe a continuación, con excepción de MRP que se estudia en el capítulo 15.

Diseño asistido por computadora

El "diseño asistido por computadora" (CAD por sus siglas en inglés) es un término que se utilizó para describir el apoyo computarizado a la función de diseño de ingeniería. A mediados de la década de los sesenta, *General Motors* e *IBM* se pusieron de acuerdo para almacenar los dibujos de ingeniería (planos) en un computadora para que se pudieran actualizar y cambiar con facilidad. La captura de los dibujos iniciales se hace a través de una terminal de computadora o mediante el uso de una mesa de dibujo especial que permite que el ingeniero dibuje el diseño del producto en un pantalla de computadora. La geometría de la parte que se diseña se almacena en la base de datos de la computadora. Si se desea, se puede imprimir un dibujo o efectuar el acceso directo a la información electrónica de diseño en manufactura. La mayoría de las plantas CAD de nuestros días, sin embargo, no tienen este eslabón directo de la base de datos a manufactura. Más bien se trata de instalaciones independientes que se utilizan para el dibujo automatizado. Aun así, el CAD ha simplificado grandemente los cambios en ingeniería y permitió que los diseñadores actualicen sus productos con rapidez.

Sin embargo el CAD va más allá de la simple automatización del dibujo. Existen características adicionales que se necesitan para un sistema CAD completo: cálculos de diseño, clasificación de las partes y un eslabón con manufactura. Una vez que la geometría de la parte se almacena en la computadora, se pueden hacer los cálculos de diseño de ingeniería incluyendo análisis de esfuerzos, resistencia de materiales, cálculos térmicos y así sucesivamente. Como resultado, se simplifica la ingeniería y los problemas de diseño se pueden descubrir sin necesidad de construir prototipos costosos para hacer pruebas.

La clasificación de las partes se utiliza para codificar y clasificar las partes existentes de manera que puedan identificarse con facilidad por su forma y función. Cuando se diseña una parte nueva el diseñador puede encontrar una parte similar que ya se encuentre en producción o una que se pueda modificar con facilidad para realizar la nueva función. De acuerdo con Gunn (1982), "el análisis demostró que en muchas compañías solamente el 20% de las partes que al principio se consideraba que requerían de diseños nuevos, los necesitaron en realidad; de las partes restantes, el 40% se podía construir a partir de un diseño existente y el otro 40% se podía crear haciendo modificaciones a un diseño ya existente".

Sin embargo, para poder clasificar las partes es necesario planificar un sistema de codificación que permita identificar las partes existentes por tamaño, forma, tipo y función. Por ejemplo, un esquema simple de codificación podría ser 14932. El primer dígito puede indicar que la parte tiene una forma cilíndrica, el segundo que la parte pesa menos de 4 kilos, el tercero la dimensión máxima de la parte, el cuarto el tipo de material y así sucesivamente. Cuando se utiliza este esquema se pueden encontrar con facilidad partes en la base de datos.

Como parte del proceso de clasificación, las partes se agrupan en familias y se les asignan número de código. Ésta es una tarea muy grande debido a que una compañía normal puede tener hasta 50 000 partes separadas y muchas de ellas pueden tener nombres no estandarizados. Por ejemplo, un tornillo se puede enlistar en los registros como tornillo, birlo, birlo para máquina, tornillo con cabeza o fijador con

rosca. Esta compañía puede utilizar tornillos con muchos tamaños similares y configuraciones de rosca, cada uno de los cuales es tan sólo ligeramente distinto. Esto ocurre cuando cada producto se diseña por separado sin tomar en consideración otras partes que ya se utilizan. La clasificación de las partes debe, por lo tanto, dar como resultado la eliminación de partes innecesarias y un esquema para la rápida identificación de las partes restantes.

El elemento final del CAD es un eslabón con manufactura. El primer paso en la manufactura de un producto, después de su diseño físico, es el diseño del proceso de manufactura. Lo anterior requiere de la selección del tipo apropiado de máquinas y del diseño de las herramientas que se utilizan para facilitar la producción del producto. Estos pasos de diseño se simplifican si la geometría y especificaciones del producto ya se encuentran en la base de datos de la computadora. La eficiencia de los distintos procesos de máquinas puede simular y pueden acoplar las herramientas a la forma del producto. De hecho, es recomendable que se simulen los distintos pasos de manufactura antes de terminar el diseño como un esfuerzo coordinado entre el departamento de diseño de ingeniería y manufactura. En la fábrica del futuro esto se hará mediante el uso de un diseño y manufactura con un eslabón común en la base de datos.

El CAD ya se utiliza de manera intensiva en varias industrias incluyendo la de aeronaves, automóviles, construcción de barcos, construcción y electrónica. La aplicación del CAD con frecuencia reduce la mano de obra de los dibujantes en un factor de tres o cuatro y ha logrado enormes beneficios para los fabricantes. Por ejemplo, en *General Motors* el tiempo de rediseño de un solo modelo de automóvil se redujo de 24 a 14 meses. Otra compañía redujo el tiempo necesario para diseñar válvulas para sus clientes de seis a un mes (véase Gunn, 1982). Muchas compañías instalan ahora CAD para lograr estos beneficios y seguir siendo competitivas.

Manufactura asistida por computadora

La manufactura asistida por computadora (CAM, por sus siglas en inglés) podría muy bien proporcionar a las compañías que fabrican por lote, la eficiencia que durante mucho tiempo han disfrutado las industrias con flujo y procesos lineales. Las líneas de producción implican la fabricación de altos volúmenes en secuencias predeterminadas con los bajos costos resultantes. La producción por lotes (intermitente) por otra parte, implica volúmenes pequeños, alta variedad de productos y un flujo desordenado de los materiales. A través del uso del CAM ahora es posible uniformar la fabricación por lotes, que constituye aproximadamente el 35% de toda la manufactura en Estados Unidos de acuerdo con Gerwin y Tarondeau (1982).

El CAM utiliza la computadora para diseñar los procesos de producción, para controlar las máquinas-herramienta y para controlar el flujo de materiales en la fabricación por lotes. Mediante el uso de la computadora es posible cambiar las máquinas con rapidez cuando se producen lotes de tamaño pequeño. También es posible operar automáticamente las máquinas siguiendo un grupo de instrucciones prescritas y mover los materiales de una máquina a la siguiente bajo el control de la computadora. Sin embargo, para poder hacer lo anterior, es necesario organizar los productos que se van a producir en familias o grupos similares utilizando un enfoque denominado tecnología de grupo.

En la última sección se describió la clasificación y decodificación de partes similares para propósitos de diseño. Esta clasificación se puede llevar un paso más adelante si se organizan las máquinas de producción por familias de partes. Este proceso de clasificar las partes por familias y después dedicar el equipo de producción a una familia específica o familias de partes, se denomina tecnología de grupo (TG).

La distribución típica intermitente (funcional) se muestra en la figura 7.3. En esta distribución, que también se describió en el capítulo 5, las máquinas se agrupan por grupos similares y el producto sigue un patrón con flujo desordenado conforme se mueve a través de la fábrica. En la parte inferior de la figura 7.3, la instalación se reorganizó por celdas de tecnología de grupo. En este caso todas las máquinas necesarias para producir una familia de partes dada, se agrupan entre sí y se logra un flujo en línea recta.

Cuando se produce una familia de partes similares en una celda, es posible duplicar algunas máquinas de una celda a otra y reducir la utilización de la capacidad en comparación con la alternativa con flujo desordenado. Sin embargo, los beneficios generales de la TG son significativos siempre y cuando se pueda incluir un gran número de partes en cada celda. Véase el cuadro 7.2 en donde se encuentra un ejemplo de la *Northrop Aircraft Company*.

CUADRO 7.2

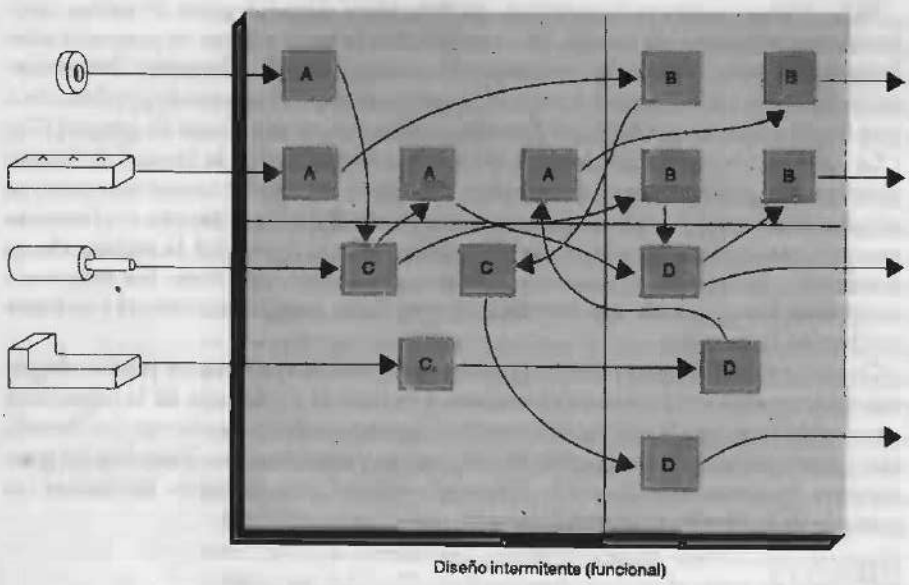
CELDA DE MANUFACTURA DE NORTHROP AIRCRAFT

La *Northrop Aircraft* estableció una celda de tecnología de grupo para fabricar todas las pequeñas ménsulas, clips, separadores, silletas y empaques, etc., que implicaban más del 30% de las partes de lámina de aluminio que se utilizaban en la porción que fabricaba Northrop del avión de combate Hornet F/A-18. Los ingenieros de tecnología de Northrop Manufacturing desarrollaron un nuevo sistema para fabricar estas partes con un enfoque de celdas de manufactura. Esto reúne e integra bajo un solo techo todo lo necesario para fabricar las miles de pequeñas partes de lámina metálica. *Northrop* predice un ahorro de más de 15 millones durante la vida del programa del F/A-18.

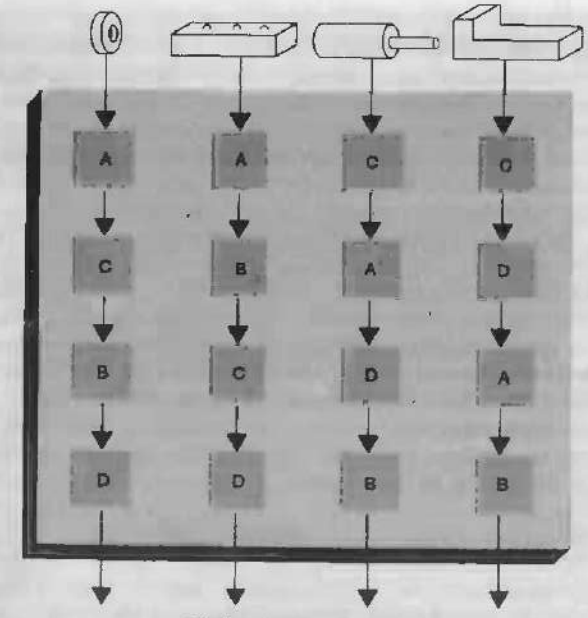
Normalmente se tardaban de cinco a doce semanas en promedio en producir un lote de partes pequeñas. Las partes y los pedidos de producción se traían de distintas instalaciones. Era necesario trasladar el trabajo en proceso de una estación de trabajo a otra. Las partes viajaban normalmente entre más de 16 estaciones de trabajo distribuidas en un espacio de 8 kilómetros. El tiempo real de fabricación era de solamente un día; el resto del tiempo era la espera de lotes grandes que se debían terminar, manejar y transportar.

Se necesitaba un área de 25 por 61 metros que contenía todo lo necesario para terminar la fabricación de estas partes, incluyendo la materia prima, maquinaria, herramientas, computadoras y aseguramiento de calidad. Se establecían 25 estaciones de trabajo mediante bandas transportadoras controladas por computadoras. Las partes se fabricaban por grupos de familia. El tiempo del flujo de fabricación se redujo a menos de una semana y el trabajo en proceso general se redujo en un 92%, la mano de obra de transportes se redujo, se mejoró la calidad, y se redujo todo lo relacionado con la fabricación. *Northrop* tiene planes de implantar muchas celdas nuevas en su programa de fabricación flexible.

Fuente: National Productivity Report, 1987. Reimpreso con permiso.



Diseño intermitente (funcional)



Diseño con tecnología de grupo

FIGURA 7.3 Diseño intermitente contra diseño con tecnología de grupo.
Adaptado de Hyer y Wemmerlov (1982).

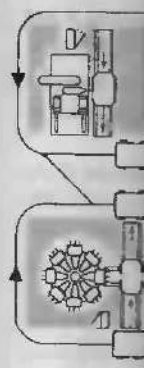


FIGURA 7.
Sistema típ

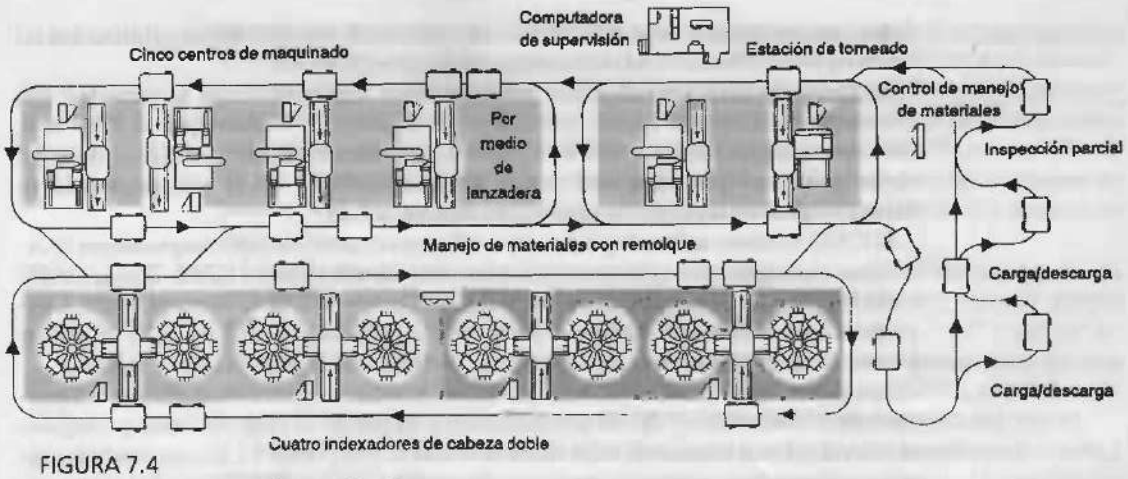


FIGURA 7.4
Sistema típico de manufactura flexible.

Los principales beneficios de la TG son el hecho de acelerar el proceso de manufactura y reducir los inventarios en proceso. Esto se hace al mover las partes con mayor rapidez a través del proceso de manufactura. En una planta intermitente típica, las partes pueden pasar tanto como el 95% del tiempo esperando en una línea para que las máquinas las atiendan. Con un diseño TG es posible acelerar el flujo de materiales en forma importante y también hacer que más funciones de manejo de materiales entre las máquinas queden bajo el control de la computadora. El resultado se denomina en ocasiones sistema de manufactura flexible (FMS).

En la figura 7.4 se muestra un FMS típico. Consta de una computadora para dirigir las partes y controlar las operaciones de las máquinas, varias máquinas controladas por computadora y estaciones de carga y descarga. La materia prima se carga manualmente en un carrito en la primera estación de trabajo. El carrito se dirige de una máquina a la otra mediante la computadora y las operaciones sucesivas de las máquinas se realizan bajo control computarizado. Estos carritos controlados por computadora se jalan casi siempre mediante un cable en el piso o siguen una cinta magnética entre las máquinas. Las partes se cargan y descargan automáticamente en cada máquina y después pasan a la siguiente. Este procedimiento se efectúa de manera simultánea para varias partes de distintos tipos con distintas rutas.

Las máquinas similares a un FMS, denominadas máquinas de transferencia automática, se han utilizado durante varios años en la producción de altos volúmenes. Por ejemplo, la *Ford Motor Company* tiene una línea de transferencia de motores que realiza 150 operaciones de maquinado por separado en un bloque de motor. El bloque se alimenta en un extremo de la línea y automáticamente pasa de una máquina a la siguiente, conforme la máquina posiciona automáticamente el bloque y ajusta la herramienta. Esta línea de transferencia se denomina automatización "dura", puesto que un cambio de productos casi siempre requiere de cambios extensos en la línea de transferencia. Con un FMS denominado automatización suave, ahora resulta posible eslabonar entre sí máquinas para propósitos generales que pueden producir una gran variedad de productos en lotes de tamaño pequeño.

Esto, por supuesto, sólo es posible mediante el uso de controles computarizados en las máquinas y transferencia computarizada de materiales.

La gama de tipos de máquinas posibles como una función de la variedad del producto y del volumen, se muestra en la figura 7.5. Nótese que el FMS está diseñado para las áreas de variedad y volumen de tamaño medio. En el lado derecho de la gráfica se garantiza una menor automatización y en el lado izquierdo se justifica una automatización más especializada (dura).

El CAM también utiliza la planeación del proceso asistida por computadora (CAPP, pos sus siglas en inglés) como un componente del sistema CAM. Con la CAPP cada proceso de la manufactura se planea con asistencia de la computadora. Después de que se descarga el diseño de las partes del sistema CAD, la CAPP se utiliza para decidir cuáles son las rutas, equipo y herramientas para producir la parte.

La manufactura asistida por computadora involucra entonces, el diseño del proceso de manufactura y de las herramientas a través de la base de datos y después el control del movimiento de materiales mediante la computadora. Esto se puede lograr si se organiza la manufactura por lotes de acuerdo con una tecnología de grupo y se utilizan sistemas de manufactura flexibles. Esto acelera el flujo del producto e incrementa el grado de utilización de las máquinas en ambientes de manufactura por lotes.

Robótica

Los robots han atrapado la mente del público, de los escritores de ciencia ficción, de los productores de películas y de la prensa. Sin embargo, un robot industrial no

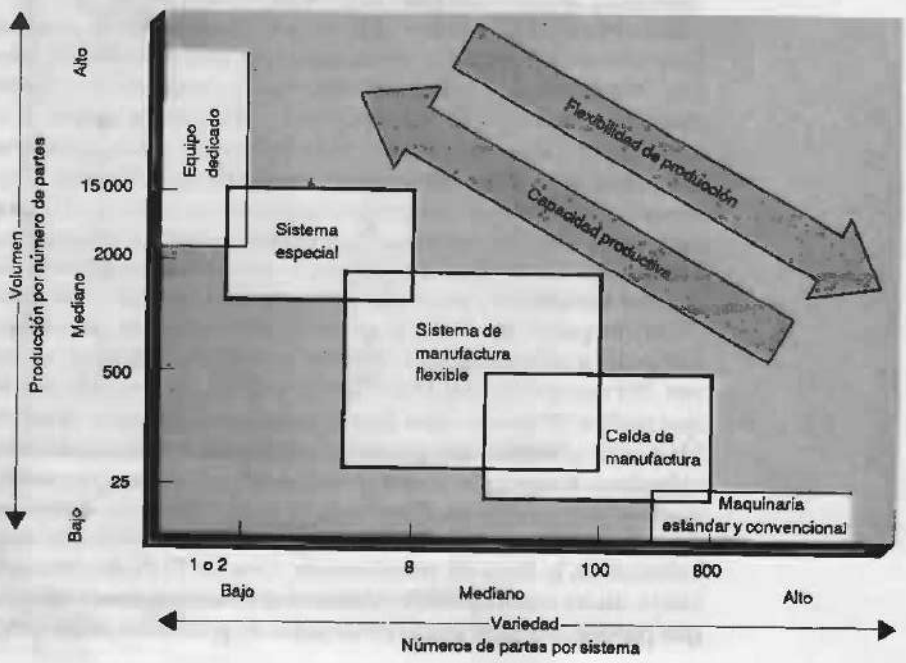


FIGURA 7.5
Tipos de sistemas de manufactura.

es más que una máquina controlada por computadora que se puede programar para realizar varias tareas de producción. La parte distintiva de este robot es su "mano" o atrapador y el brazo, que pueden hacer movimientos parecidos a los humanos. Las primeras aplicaciones de los robots fueron en el trabajo en áreas calientes, sucias o de trabajo pesado que no resultaban apropiadas para los seres humanos. El uso de los robots se ha expandido subsecuentemente a una gran variedad de tareas de producción, incluyendo el soldado, pintado, trabajo de ensamble final y manejo de materiales.

Los robots aún tienen limitaciones en su capacidad de realizar muchas tareas de producción. La limitación más importante es su capacidad para recoger partes colocadas al azar. Para hacer lo anterior, el robot tendría que "ver" y ubicar su "mano" de acuerdo con lo que ha visto. Las aplicaciones más actualizadas se limitan a partes que tienen una parte fija y con una ubicación fija y conocida, sin embargo, la tecnología se desarrolla con rapidez para lograr una mayor habilidad visual.

Una forma de automatización relacionada en la máquina-herramienta de control numérico (NC), aunque normalmente las herramientas NC no se consideran robots, están controladas por una computadora y se les puede programar para diversas tareas de corte de metal. La máquina NC, sin embargo, no tiene el brazo distintivo del robot y quizá no es tan flexible como un robot. Sin embargo, la fábrica del futuro probablemente contenga una mezcla de máquinas NC, máquinas convencionales y robots.[1]

Aunque en ocasiones es posible justificar el uso de los robots mediante la reducción de la mano de obra directa, éstos proporcionan muchas otras ventajas, incluyendo la flexibilidad para el rediseño de partes, la operación de 24 horas, la realización de tareas riesgosas y una calidad más uniforme. La justificación tradicional del retorno de inversión tiende a ignorar estos beneficios y enfatiza sólo la reducción de costos. Como resultado, el uso de los robots en Estados Unidos está muy retrasado en relación con otros países y no está tan difundido como algunos hubieran predicho.

Casi nunca es una buena decisión económica introducir sólo un robot en un proceso de reducción debido al mantenimiento y apoyo de programas que se necesitan. Estos costos deben distribuirse entre varios robots. Además, un solo robot que opere las 24 horas del día se limitará a acumular inventario que esperará el trabajo de las demás máquinas. Se necesita de un flujo de material coordinado para lograr una verdadera reducción de costos. Esto requiere de un plan a largo plazo de automatización y no sólo de cambiar una máquina por robots de manera gradual.

Whitney (1986) señaló que los robots no deben sustituir a la gente en relación de uno a uno en los procesos existentes. Por el contrario, es necesario rediseñar el proceso de producción y de ser posible el producto para lograr las máximas ventajas

[1]Además de las máquinas NC, también existen máquinas de control numérico computarizadas (CNC) y máquinas de control numérico directas DNC. Las máquinas NC se controlan mediante cinta magnética. Las CNC están en línea con una computadora y se pueden controlar sin el uso de la cinta magnética. Las máquinas DNC utilizan una computadora central para controlar varias máquinas CNC al mismo tiempo. Estas máquinas evolucionaron en nuestros tiempos para convertirse en sistemas de manufactura flexible que controlan no solamente un grupo de máquinas sino también el equipo relacionado de manejo de materiales.

de los robots y otros tipos de automatización. Después de este rediseño pueden eliminarse o combinarse ciertos pasos descartando así la necesidad de un robot en cada paso. Siempre deben simplificarse los procesos antes de automatizarlos. Nunca será poco el énfasis que se haga en lo anterior. Los robots no son personas mecánicas, son parte de un proceso de producción integrado.

Justificación

Resulta claro que la fábrica del futuro no puede justificarse con una máquina a la vez. La justificación y los beneficios definitivos se derivan de la integración de varios elementos, desde el diseño del producto hasta la ingeniería de manufactura, producción y manejo de materiales. La fábrica del futuro es, por lo tanto, una decisión de tipo estratégico que afecta a todas las partes de operaciones y a todos los objetivos de operaciones: el costo, la calidad, la flexibilidad y el servicio.

Si se adopta una estrategia de manufactura integrada por computadora, entonces deben efectuarse varios pasos para transformar la fábrica. Es probable que se construyan "islas de automatización" conforme ciertas máquinas se computarizan y algunas partes del sistema de información se colocan en la computadora. Si el objetivo final es CIM, toda esta computarización debe eslabonarse a través de una base de datos común para que las "islas de automatización" separadas se puedan eslabonar entre sí con el tiempo. Cuando esto ocurra, se harán más aparentes los beneficios de CIM.

Como CIM no es simplemente otro tipo de esfuerzo de automatización en donde se cambia un tipo de máquina por otro, este nivel de automatización resulta más difícil de lograr y más costoso que los esfuerzos del pasado. Sin embargo, CIM promete beneficios que van más allá de la simple reducción de costos. Aquellas compañías que puedan implementar CIM de manera efectiva, podrán capitalizar los beneficios de una ventaja competitiva a través de un mejor servicio, mejor calidad o mayor flexibilidad. Ésta es la promesa y la esperanza de la fábrica del futuro.

Voss (1985) ilustra que mientras mayor sea el grado de integración que se logre, mayores serán los beneficios de CIM. En la tabla 7.1 se puede notar que cada nivel sucesivo de integración logró una mayor reducción en el tiempo de procesamiento requerido para diseñar y producir el producto. Estos mayores beneficios, por supuesto, también requieren de una mayor cooperación interfuncional entre los departamentos. Dicha cooperación ha sido una de las cosas más difíciles de lograr en las instalaciones reales con CIM.

Al escribir en el *Harvard Business Review*, Goldhar y Jelinek (1983), mencionan que la fábrica del futuro, en particular en el caso de la fabricación por lotes, debe justificarse con base en los ahorros por alcance más que en los ahorros por volumen. Los ahorros por alcance se definen como la capacidad de producir con eficiencia una amplia variedad de productos más que un gran volumen de productos estandarizados. La nueva tecnología CIM reduce el costo de los cambios y de modificación de los productos. Como resultado, pueden producirse de manera económica lotes pequeños de productos similares. No es necesario estandarizar el producto ni

desarrollar mercados masivos relacionados utilizando un razonamiento de ahorros por volumen. Por ello, las compañías podrán competir basándose en los ahorros por alcance al ofrecer productos mejor adaptados a las necesidades del cliente, un servicio rápido y lotes más pequeños. Con esto se abrirá un mercado totalmente nuevo para la competencia.

TABLA 7.1
EFECTO DE INTEGRACIÓN

Grado de automatización e integración	Tiempo de procesamiento (semanas)	Ahorro (semanas)
Sin automatización	52	
Sólo con CAD	50	2
Integración con el diseño del producto y del proceso con CAD	44	8
Integración total del sistema (CAM/CAD)	35	17
Integración con el proveedor	26	26

Fuente: Voss, C. A., "The Management of New Manufacturing Technology. Eight Propositions", *Systèmes de production*, vol. 19, no. 4, 1985.

7.4 LAS OFICINAS Y LOS SERVICIOS DEL FUTURO

Como se indicó en la última sección, las tecnologías de la fábrica cambian con rapidez. Sin embargo, la tecnología para oficinas y servicios cambia de manera igualmente rápida, como se describe ahora.

Tecnología para oficinas

Hasta hace poco, la tecnología para oficinas no había progresado mucho desde la invención de la máquina de escribir. Cierto, las oficinas utilizaban máquinas de escribir eléctricas, copiadoras electrónicas y dictáfonos, pero la mayor parte del trabajo de oficina sigue dependiendo mucho de la mano de obra y está muy fragmentada. Con el desarrollo de la computadora personal y de las redes interconectadas ahora se encuentra en camino una revolución en las oficinas.

En las oficinas, el proceso de transformación consta de la siguientes actividades:

1. Manejo de mensajes
2. Mecanografía de documentos
3. Copia de materiales impresos
4. Archivo
5. Mantenimiento de un calendario

¿Cómo han cambiado estas actividades en la oficina automatizada?

La oficina automatizada tiene una terminal de computadora para cada secretaria y gerente que los conecta en forma de red. Cuando el gerente llega a la oficina, utiliza

la terminal para obtener todos los mensajes de la memoria de la computadora, que es una canasta electrónica. Después de revisar cada mensaje, lo puede archivar en la computadora según su fecha, quien lo envió, el tema, etc., y puede mecanografiar una respuesta en la terminal de la computadora si así se desea. La respuesta se dirige entonces electrónicamente a la persona seleccionada. Si algunos individuos no cuentan con terminales, se puede utilizar la computadora para mecanografiar copias en papel para ellos. El gerente puede seleccionar entre un archivo de respuestas estandarizadas, si esto es apropiado.

Al manejar la canasta, el gerente puede tener la oportunidad de consultar mensajes o correspondencia anteriores. El acceso puede efectuarse a través del sistema de archivo electrónico de la computadora.

En la oficina automatizada todas las actividades de oficina que se identificaron antes, se realizan a través de medios electrónicos. El papeleo se reduce drásticamente, las tareas repetitivas se simplifican mediante el archivo electrónico, la corrección de errores en línea y el uso de respuestas estándar. Con esto se reduce drásticamente el costo de las funciones de oficina y se incrementa la productividad. Conforme se reduce el costo de la tecnología, más y más oficinas podrán adquirir esta nueva tecnología.

La oficina automatizada también puede tener otro tipo de impacto en la sociedad. Por ejemplo, es posible descentralizar las oficinas a otros lugares, incluso a la casa. No es necesario tener todas las funciones de oficina centralizadas en grandes rascacielos con los costos de transporte y energía relacionados.

Para cierto tipo de negocios, como las aseguradoras, la oficina automatizada proporcionará un alivio contra la avalancha de papeleo. En este tipo de oficina del futuro cada persona realizará sus tareas en una terminal de computadora y después pasará el trabajo electrónicamente hacia la siguiente estación de trabajo. Con las oficinas automatizadas, los gerentes podrán seguir con facilidad el flujo del procesamiento de una transacción para administrar y mejorar las características de flujo del proceso. Dichas aplicaciones son muy similares al concepto del control del flujo de trabajo que se utiliza en las fábricas.

El mayor impacto de la oficina del futuro será sobre los trabajos de tipo profesional y gerencial, los denominados trabajadores del conocimiento, y no sobre los trabajos secretariales. Hoy en día, aproximadamente el 80% de la compensación en las oficinas se paga a los trabajadores con conocimientos y sólo el 20% a los empleados administrativos. Por lo tanto, la mejora en la productividad tendrá que enfocarse sobre los trabajadores con conocimientos. Por fortuna, los sistemas automatizados de oficina pueden ahorrar una gran cantidad de tiempo al trabajador con conocimientos y mejorar la efectividad de los gerentes y de los profesionales. Sin embargo, los proyectos de automatización de las oficinas propuestos deben dirigirse a los trabajadores con conocimiento y no simplemente a la reducción de costos de empleados administrativos.

El concepto clave en la automatización de oficinas es el mismo que en la fábrica, es decir, la integración de las funciones. Primero, es necesario eslabonar los departamentos y funciones separados entre sí por medio de una computadora. Conforme se eslabonan las islas de automatización, se harán aparentes los beneficios de la oficina integrada: no sólo a través de una reducción de costos sino de una mayor

FIGURA
Enfoque de líne
producción para
servic

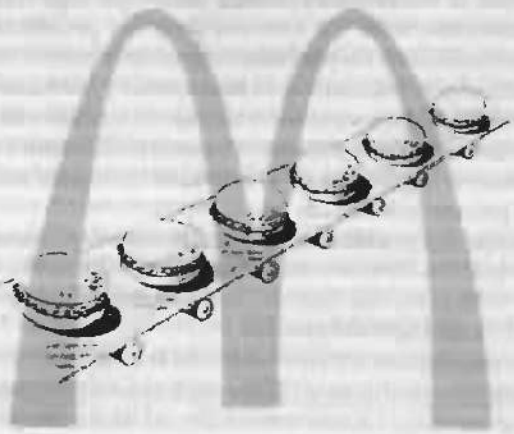


FIGURA 7.6
Enfoque de línea de producción para los servicios.

producción, mejor coordinación, mayor utilización de los conocimientos y menores márgenes de error.

Industrias de servicio

Theodore Levitt (1972) describió un enfoque para el suministro de servicios que él denomina "el enfoque de línea de producción en los servicios". Con este enfoque se estandarizan los servicios y se prestan en una manera eficiente y agradable. La instalación de servicio se diseña para minimizar los errores. Se automatizan varias etapas del suministro de servicio para reducir los costos y se logra la estandarización.

Levitt utiliza la cadena *McDonald's* para ilustrar estos conceptos. Hace notar el dispositivo especial de boca ancha que se desarrolló para llenar las bolsas de papas fritas en los niveles correctos y con mayor eficiencia. Todos los insumos alimenticios de *McDonald's* se especifican cuidadosamente para asegurar la consistencia. Los procedimientos de limpieza de los restaurantes están por escrito. Todo lo anterior se hace para estandarizar el servicio y para prestarlo en una forma eficiente y controlada.

En su artículo clásico Levitt indica que la gente de servicio tiende a considerar sus problemas como diferentes de la gente de manufactura. Con frecuencia se piensa en el servicio como algo que se suministra "ahí en el campo", bajo condiciones muy variables, mientras que la manufactura se hace en una fábrica bajo condiciones altamente controladas y automatizadas. Levitt analiza que hasta que se considere la prestación de servicios como un proceso de transformación similar al de la manufactura, se logrará muy poca mejoría en la eficiencia o en la calidad.

Otro factor en el enfoque de servicios es la actitud de dedicación del personal o actitud de servicio. Esto nos hace retroceder muchos años hasta la época en que el servicio se equiparaba con la obediencia, subordinación y subyugación. De acuerdo

con este enfoque, si el servicio prestado tiene una baja calidad o es costoso, la solución es esforzarse más. La solución para los problemas de servicio no se considera como cambio de los procedimientos, de la tarea o del equipo disponible. Los gerentes de servicio piensan como humanistas y, de acuerdo con Levitt, éste es el meollo del problema. Mientras se les maneje en términos de pensamiento humanista, los servicios serán poco eficientes y carecerán de control de calidad. La actitud de servicio distrae a la gerencia de la actividad de buscar soluciones dentro de la tecnología del proceso mismo.

En comparación, los problemas de manufactura con frecuencia se estudian en términos tecnográficos. Si existe mala calidad o un alto costo, se hace un análisis de las tareas que se realizan, del flujo del trabajo y del equipo que se utiliza. Se busca la solución en la tecnología del proceso.

Sin embargo, automatizar los servicios no es la solución para todos los problemas que tienen. Como se estudió en el último capítulo, existen cuatro tipos de servicios en la matriz de servicio. La automatización se limita simplemente a colocar un servicio en la categoría de "fábrica de servicios" o "taller de servicios". Aunque el servicio resultante podría ser más eficiente, la automatización puede cambiar la naturaleza misma del servicio volviéndolo más estandarizado. Será el mercado el que, en última instancia, determine qué tanta automatización desean los clientes y qué tan estandarizado debe ser el servicio, además de su costo. Actualmente los cuatro tipos de servicio parecen tener potencial en el mercado.

7.5 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Se ha estado acumulando una evidencia considerable de que Estados Unidos no invierte lo suficiente en su base tecnológica como para conservarse en una posición competitiva. La inversión de capital y la inversión en investigación y desarrollo que realiza el sector privado, como porcentaje del producto nacional bruto, se ha mantenido constante en términos reales desde la década de los cincuenta, pero el capital invertido por hora-hombre y la porción del producto nacional bruto que se dedica a nuevas inversiones has disminuido en la última década. ¿Por qué ocurre esto?

Se sugiere un gran número de razones para la disminución de inversión en la industria estadounidense. Éstas van desde las altas tasas de interés hasta la regulación gubernamental de la inflación. Sin embargo, hasta hace poco tiempo no se puso suficiente atención a la administración misma como una de las razones clave.

En un artículo característico intitulado "Managing Our Way to Economic Decline", de Hayes y Abernathy (1980), se indica que la administración se ha desviado de la verdadera tarea de innovación tecnológica e inversión para el futuro. La administración aparentemente ha olvidado que la clave para cualquier negocio a largo plazo son los nuevos productos y los nuevos procesos que conservan los clientes existentes o abren nuevos mercados. En lugar de crear nuevos productos y servicios con valor fundamental, muchos administradores se limitan a estudiar las eficiencias a corto plazo y los productos y procesos actuales. Como resultado, las empresas se han descapitalizado sistemáticamente.

Hayes y Abernathy siguen diciendo que la gerencia se ha limitado a productos que imitan a los productos ya existentes en lugar de desarrollar innovaciones de productos nuevos. Después de todo resulta menos riesgoso desarrollar una mezcla para pastel de limón que un bistec sintético. La mezcla del pastel de limón, debido a que imita a un producto actual, puede analizarse perfectamente y asegurará mayores utilidades a corto plazo. La excesiva atención a los mercados y clientes actuales, junto con las políticas de control financiero estrictas, afecta la inversión a futuro en las empresas.

La falta de inversión en la industria estadounidense también se relaciona con el uso inapropiado de las técnicas con valor actual. Estas técnicas se basan en el hecho de que un dólar hoy en día vale mucho más que un dólar de mañana. Por ejemplo, con un interés anual del 12%, un dólar de hoy en día valdrá 1.12 al final del año. De manera similar, un dólar recibido en un año con un interés del 12% vale 89 centavos hoy en día $\left(\frac{1}{1.12} = .89\right)$. Si se utilizan los conceptos del valor presente, la inversión actual puede compararse con las ganancias proyectadas a futuro. Los flujos de futuras ganancias se convierten a valor presente y se evalúan así los proyectos de inversiones alternativos. Para mayores detalles véase el suplemento de este capítulo.

Existen varios problemas con las técnicas de valor presente y esto ha ocasionado malos usos en la industria. Uno de los problemas es que estas técnicas no permiten la interacción entre proyectos alternativos de inversión. Las técnicas de valor presente son más útiles para el caso del reemplazo de una sola máquina o de un proyecto que puede aislarse con facilidad. Cuando se contempla la fábrica del futuro, por ejemplo, se debe cambiar todo un grupo de máquinas debido a que la fábrica se encuentra en un proceso de evolución hacia un nuevo concepto competitivo. Aunque algunos de los cambios individuales de las máquinas pueden exceder la tasa con límite de inversión, otros no lo conseguirán. Sin embargo, lo que se cambia es todo el sistema de la fábrica. Por lo tanto, lo que se necesita es una perspectiva de sistemas en lugar de una serie de decisiones de cambios de máquinas.

El uso de técnicas de presupuesto de capital en ocasiones ha dado como resultado tasas con límite de inversión demasiado altas.[2] Los problemas que ocasiona una baja tasa con límite de inversión son bien conocidos. No siempre resulta claro que lo opuesto también es igualmente dañino. Una tasa con límite demasiado alta puede ocasionar la falta de inversión de capital y la pérdida de la posición competitiva. Hayes y Garvin observaron que dichas tasas con límite altas con frecuencia tienen poca relación con el costo real del capital para una compañía y con la tasa de rentabilidad que la compañía puede realmente esperar, en forma razonable de inversiones alternas. Una y otra vez se ha observado el uso de tasas con límites anteriores a los impuestos del 30% o más, en compañías cuyos rendimientos de inversión antes de los impuestos fueron inferiores al 20%. Véase el cuadro 7.3 para mayores detalles.

Existe en punto de confusión al analizar si la tasa de descuento debe utilizarse con flujos de efectivo reales o inflacionados. Kaplan (1986) señaló que el costo histórico

[2]La tasa con límite de inversión es la rentabilidad de inversión que se debe obtener para justificar un proyecto de inversión.

real del capital ha sido de alrededor del 8%, antes de considerar la inflación.[3] Ésta es la tasa apropiada que debe utilizarse para ganancias futuras y costos, y si éstos se mantienen constantes en relación con la inflación. Si embargo, si se utiliza una tasa de descuento con inflación del 10 al 15% como costo del capital, entonces los flujos de efectivo futuros también deben inflarse para tener consistencia. Resulta frecuente que esto no se haga.

CUADRO 7.3

UN FABRICANTE DE HERRAMIENTAS PRACTICA LO QUE PREDICA

Los constructores de herramientas para máquinas y de maquinaria quizá pidan a sus clientes que compren lo más nuevo y último; sin embargo, con frecuencia sus propios talleres funcionan con equipo muy viejo. Éste no es el caso de la *Ingersoll Milling Machine Company* de Rockford, Illinois. En esta empresa cada departamento de producción debe escribir cada año una justificación para poder *conservar* alguna máquina que tenga más de 7 años de antigüedad. La única razón generalmente aceptada para no cambiar un equipo es que las máquinas nuevas no ofrezcan mejoras significativas sobre los modelos anteriores. La edad promedio de las máquinas de *Ingersoll* es de 6 años. En la industria de herramientas como un todo, el 76% de las máquinas tienen más de 10 años y el 40% tienen más de 20 años de antigüedad.

Fuente: Industry Week, septiembre de 1980, p. 11.

Las técnicas de valor presente tienden a desviarse hacia la expansión de las instalaciones existentes más que a la construcción de nuevas instalaciones. Esto es cierto debido a que normalmente resulta menos costoso agrandar una instalación existente con tecnología modificada que echar a andar una instalación nueva con tecnología nueva. Una serie de decisiones de este tipo, de expansión gradual, pueden dar como resultado, a largo plazo, el tener una gran instalación centralizada con tecnologías viejas modificadas en lugar de tecnologías innovadoras.

Las técnicas de valor presente deben considerar cuidadosamente cuál es la alternativa a la propuesta de inversión que se estudia. La alternativa de "no hacer nada" en un mercado competitivo puede dar como resultado una pérdida de ingresos y utilidades, en especial si los competidores son innovadores para adoptar la nueva tecnología y capturar la participación en el mercado. Estas pérdidas en el flujo de efectivo deben acreditarse, de manera apropiada, en favor de la propuesta que se considera, puesto que son el resultado de mantener una condición de statu quo. En ocasiones se pasan por alto estos efectos sobre los cálculos a valor presente.

Por último, los efectos sobre las regalías son una manera de reflejar las ganancias de participación del mercado debidas a menores tiempos de entrega, menor calidad y otras situaciones parecidas. Con frecuencia se omiten este tipo de beneficios pues

[3]Esta estadística sorprendentemente baja se basa en el rendimiento real promedio en los mercados de propiedades y valores fijos de los últimos 60 años. Las tasas de interés del mercado actual incorporan no solamente los rendimientos reales sino las tasas de inflación que se esperan.

son "suaves" o difíciles de calcular. El omitir los efectos laterales es un problema particularmente grave cuando se evalúan las nuevas tecnologías debido a que los beneficios con frecuencia van más allá de la reducción de costos.

Resulta importante que los cálculos a valor presente se hagan correctamente utilizando la tasa de descuento apropiada, al manejar el statu quo de manera correcta e incorporar todos los beneficios posibles, aún cuando sean difíciles de calcular. La administración debe asumir, en última instancia, la responsabilidad de la estrategia técnica de la empresa. La administración necesita tener una orientación a largo plazo y estar dispuesta a aceptar riesgos. La estrategia debe facilitar una mayor innovación y una menor imitación de la tecnología existente. Estos pasos, junto con un clima económico saludable, deben ayudar a Estados Unidos a recuperar su vigor tecnológico en las industrias básicas.

En este capítulo se ha indicado que la selección de tecnología es una decisión compleja que involucra no sólo los cálculos a valor presente sino las consideraciones estratégicas y los impactos sociales. Los gerentes cuentan ahora con una interesante gama de tecnologías computarizadas de integración para elegir entre ellas; sin embargo, la elección debe ser consciente y los administradores deben convertirse en "maestros de su propio destino" en el tema de la selección de tecnología.

7.6 PUNTOS CLAVE

En este capítulo se ha estudiado la selección de tecnología de proceso de operaciones.

Los puntos clave estudiados son los siguientes:

- La tecnología es el grupo de procesos, herramientas, métodos, procedimiento y equipo que se utilizan para producir bienes o servicios. Esta definición es más amplia que la simple "selección de equipo" e incluye la selección de métodos y procedimientos como parte de la tecnología.
- Uno de los puntos más importantes del capítulo es que la selección de tecnología, mediante la fijación de tareas y condiciones de trabajo, también incluye automáticamente una selección social. Por lo tanto, resulta importante tomar en consideración las consecuencias conjuntas, tanto sociales como técnicas a través del concepto de un diseño sociotécnico. Con el uso de este concepto se seleccionan tecnologías que optimizan tanto las variables sociales como las técnicas.
- Los sociólogos y economistas han propuesto el concepto de que "lo pequeño es hermoso" y han buscado que se adopte tanto una "tecnología apropiada" como una "simplicidad voluntaria". De acuerdo con esta línea de pensamiento, los efectos de la contaminación, la insatisfacción en el trabajo y la afectación del medio ambiente pueden hacer que las tecnologías intermedias resulten más apropiadas para ciertos tipos de producción que las formas más altas de tecnología. En términos de este enfoque, nuestro análisis debe incluir los costos tradicionalmente no económicos de los efectos ambientales y sociales. El resultado podría ser una mezcla de tecnologías de alto nivel, de nivel intermedio y de nivel bajo.
- Los administradores deben conocer las características de rendimiento de las tecno-

logías que manejan. Estas características de rendimiento incluyen los efectos posibles sobre los insumos, productos, flujo del proceso y costos que solamente los gerentes pueden evaluar de manera apropiada.

- La fábrica del futuro implica un movimiento hacia la integración computarizada de las funciones de manufactura. Esto puede hacerse a través de una base de datos común que incorpore el diseño asistido por computadora, la manufactura asistida por computadora, la robótica y la planeación de requerimientos de materiales.
- Junto con la introducción de las computadoras y la interconexión de componentes de oficina y oficinas anteriormente separadas, la tecnología de oficina cambia con rapidez. Esta nueva tecnología para oficinas promete reducir el volumen del papeleo, los costos administrativos y enriquecer a los puestos administrativos. En forma similar, la automatización de las operaciones de servicio ofrece un gran potencial. Conforme los servicios se enfoquen desde un punto de vista técnico más que humanístico, se hará posible la estandarización y automatización. Esto puede dar como resultado no sólo un menor costo sino una calidad más uniforme.
- La selección de tecnología no se debe basar únicamente en el valor presente. Los efectos de la tecnología en los objetivos de operaciones, la fuerza de trabajo y el medio ambiente también se deben tomar en consideración. Se debe visualizar una estrategia para el cambio tecnológico.

PREGUNTAS

1. ¿Cómo se relaciona el problema de la selección de tecnología con la selección de proceso y el diseño del producto?
2. Schumacher dice que un error fatal de nuestra era es la creencia de que "se ha resuelto el problema de la producción". ¿Cuáles son las consecuencias de este error?
3. ¿Cuánto conocimiento técnico detallado se requiere en los gerentes para tomar una decisión relacionada con equipo de computación?
4. Suponga que usted necesita seleccionar una terminal de computadora para utilizarla en su oficina. ¿Qué características de rendimiento de la tecnología apreciaría usted y cómo obtendría la información necesaria para hacer la selección?
5. Describa un enfoque sociotecnológico para la selección de dispositivos de captura en computadora entre varias alternativas que incluyen una terminal en línea y un lector de documentos impresos (scanner).
6. ¿Cómo se acoplan los conceptos de enfoque sociotecnológico y tecnología apropiada con los objetivos de rentabilidad de una empresa?
7. ¿Qué significa seleccionar una tecnología apropiada en los siguientes procesos?
   a. Generación de electricidad
   b. Producción de automóviles
8. ¿Las formas más elevadas de la tecnología dan como resultado necesariamente mayor contaminación, trabajos aburridos y otras enfermedades sociales? Discútalo.
9. Suponga que su jefe le pide que evalúe las posibilidades de automatización de la oficina. ¿Cómo enfocaría el problema y qué información obtendría?
10. ¿Qué significa un enfoque de manufactura o tecnocrático para la prestación de un servicio?
11. ¿El éxito de la cadena *McDonald's* puede atribuirse a su concepto de mercadotecnia o a su concepto de operaciones? Discútalo.

12. ¿Cuál es el obstáculo primordial para utilizar un enfoque de manufactura en la prestación de servicios?
13. Se ha propuesto que los robots reemplacen a varias personas que pintan en una línea de ensambles de automóviles. Explique por qué los robots no pueden reemplazar a la gente, en una relación de uno a uno.
14. ¿Cuáles son los problemas comunes que se encuentran cuando se trata de justificar un proyecto CIM?
15. ¿Cuáles son los mayores beneficios que se pueden esperar de la implementación de CIM y cómo pueden incorporarse estos beneficios a los cálculos de valor presente?
16. Explique qué quiere decir CAD, CAM, CAPP, CIM, TG y FMS.
17. ¿Bajo qué circunstancias puede esperarse que se justifique financieramente el uso de una celda de tecnología de grupo en comparación con la fabricación tradicional en lote?
18. Explique la diferencia entre ahorros por volumen y ahorros por alcance.
19. Encuentre algunos artículos de periódicos o revistas que hablen de temas de selección de tecnología o ejemplos de fábricas, oficinas o servicios automatizados. Resuma los puntos clave de cada artículo.

LECTURAS RECOMENDADAS

ABERNATHY, WILLIAM J.: "Production Process Structure and Technological Change", *Decision Sciences*, vol. 7, núm. 4, octubre de 1976, pp. 607-619.

BRIGHT, JAMES: "Does Automation Raise Skill Requirements?" *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1958, pp. 85-98.

DASAI, DILIP T.: "How One Firm Put a Group Technology Parts Classification System into Operation". *Industrial Engineering*, noviembre de 1981, pp. 77-86.

DRUCKER, PETER: *The Age of Discontinuity*, Nueva York: Harper & Row, 1969.

GERWIN, DONALD: "Do's and Don't of Computerized Manufacturing," *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1982, pp. 107-116.

GERWIN, DONALD, y JEAN CLAUDE TARONDEAU: "Case Studies of Computer Integrated Manufacturing Systems: A View of Uncertainty and Innovation Processes", *Journal of Operations Management*, vol. 2, núm. 2, febrero de 1982, pp. 87-99.

GOLD, BELA: "CAM Sets New Rules for Production", *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1982, pp. 88-94.

GOLDHAR, J. D., y MARIANN JELINEK: "Plan for Economies of Scope", *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1983, pp. 141-148.

———: "Computer Integrated Flexible Manufacturing: Organizational, Economic, and Strategic Implications", *Interfaces*, vol. 15, núm. 3, mayo-junio de 1985, pp. 94-105.

GUNN, THOMAS G.: "The Mechanization of Design and Manufacturing". *Scientific America*, vol. 247, núm. 3, septiembre de 1982.

HARVARD BUSINESS SCHOOL: "Technology and the Manager". Working Paper 9-671-060, Boston: Intercollegiate Case Clearing House, rev. marzo de 1977.

HAYES, ROBERT H., y WILLIAM J. ABERNATHY: "Managing Our Way to Economic Decline", *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1980, pp. 67-77.

———: y DAVID A. GARVIN: "Mananging As If Tomorrow Mattered", *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1982, pp. 70-79.

HYER, NANCY LEA, y URBAN WEMMERLÖV: "MRP/GT: A Framework for Production Planning and Control of Cellular Manufacturing", *Decision Sciences*, vol. 13, 1982, pp. 681-695.

JAIKUMAR, RAMCHANDRAN: "Postindustrial Manufacturing", *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1986, pp. 69-76.

KANTROW, ALAN M.: "The Strategy Technology Connection", *Harvard Business Review*, julio-agosto de 1980, pp. 6-21.
KAPLAN, ROBERT S.: "Must CIM Be Justified by Faith Alone?" *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1986, pp. 87-95.
LEVITT, THEODORE: "Production-Line Approach to Service", *Harvard Business Review*, septiembre-octubre de 1972, pp. 41-52.
MAIN, JEREMY: "Toward Service without a Snarl", *Fortune*, marzo 23 de 1981, pp. 54-66.
MERTES, LOUIS H.: "Doing Your Office Over—Electronically", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1981, pp. 127-135.
POPPEL, HARVEY L.: "Who Needs the Office of the Future?" *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1982, pp. 146-155.
SAPORITO, BILL: "IBM's No-Hands Assembly Line", *Fortune*, 15 de septiembre, 1986.
SCHOEN, DONALD: "Managing Technological Innovation", *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1969, pp. 156-162.
SCHUMACHER, E. F.: *Small Is Beautiful*, Nueva York: Harper & Row, 1973.
VOSS, C. A.: "The Management of New Manufacturing Technology, Eight Propositions," *Systèmes de Production*, vol. 19, núm. 4, 1985, pp. 311-330.
WAKEFIELD, ROWAN y PATRICIA STAFFORD: "Appropriate Technology: What Is It and Where Is It Going?" *The Futurist*, abril de 1977, pp. 72-77.
WHITE JOHN A.: "Factory of Future Need Bridges between Its Islands of Automation", *Industrial Engineering*, 19 de abril, 1982, pp. 61-68.
WHITE, ROBERT B.: "A Prototype of the Automated Office", *Datamation*, abril de 1977, pp. 83-90.
WHITNEY, DANIEL E.: "Real Robots Do Need Jigs", *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1986, pp. 110-116.