

Capítulo 3



Diseño del producto

Presentación del capítulo

- 3.1 Estrategias para la introducción de nuevos productos
- 3.2 Proceso de desarrollo de nuevos productos
- 3.3 Diseño interfuncional de productos
- 3.4 Colaboración de la cadena de suministro
- 3.5 Implantación de la función de calidad
- 3.6 Análisis del valor
- 3.7 Diseño modular
- 3.8 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Preguntas de análisis

Bibliografía

El desarrollo de nuevos productos constituye una parte esencial para los negocios, ya que éstos proporcionan oportunidades de crecimiento y una ventaja competitiva para una empresa. De manera creciente, existe un desafío para introducir nuevos productos con más rapidez sin sacrificar la calidad; por ejemplo, los productores mundiales de automóviles pueden introducir ahora el diseño de un nuevo vehículo en dos años, en tanto que eso solía requerir cuatro. Las computadoras personales tienen un ciclo de vida muy corto, algunas veces menor a un año.

El diseño de nuevos productos afecta mucho las operaciones, puesto que especifica los productos que se elaborarán; es un prerequisite para que ocurra la producción; al mismo tiempo, los procesos y artículos existentes pueden restringir la tecnología disponible para la nueva mercancía. Así, los nuevos productos se deben definir no sólo teniendo en mente al mercado, sino al proceso de producción que se usará para elaborarlos.

El diseño del producto se refiere a un producto físico manufacturado o a un servicio. En este capítulo, subrayaremos el desarrollo del producto en términos de productos manufacturados; en el capítulo 5 ampliamos la exposición a productos que son servicios.

Las decisiones de productos afectan cada una de las cuatro áreas de toma de decisiones operativas; por lo tanto, las decisiones de productos deben estar estrechamente coordinadas con las operaciones para asegurar que éstas se integren con el desarrollo del producto. A través de una cooperación cercana entre operaciones, mercadotecnia y otras funciones, puede integrarse el diseño del producto con las decisiones relacionadas con el proceso, la calidad, la capacidad y el inventario. Dejar de coordinar el diseño del producto y las operaciones puede tener resultados desastrosos; por ejemplo, un análisis realizado por Nissan Motor Company indicó que se usaban 6 000 cinturones de seguridad distintos en la producción de sus automóviles. Nissan se ha fijado como meta reducir esa cantidad a la mitad y, posteriormente, otro 50% hasta alcanzar un punto económico.



Liderazgo operativo El proceso de desarrollo del producto de Ford

El proceso de desarrollo del producto es la manera en la que la visión de Ford se vuelve realidad, y la forma en la que las necesidades sociales se alinean y se adecuan a través de un diseño y una ingeniería innovadoras.

Un automóvil es el producto más complejo que la mayoría de las personas llegan a poseer. Un auto común, para

Ford Motor Company

una familia mediana, está integrado por más de 20 000

partes individuales que incluyen 600 subsistemas o componentes principales. En un vehículo común, se usan por lo menos 73 materiales diferentes, incluyendo 24 distintos tipos de plásticos.

El proceso para el diseño y la producción de un vehículo moderno es, asimismo, complejo. Empieza con insumos de información de tres fuentes principales:

- La estrategia y las metas de Ford en cuanto al desempeño y al liderazgo.

- La investigación de mercado.
- Los enfoques técnicos de investigación y desarrollo para una variedad de retos ambientales, de seguridad y de desempeño.

Para el logro de sus metas, Ford invierte casi 7 000 millones de dólares anuales en investigación y desarrollo. El proceso de desarrollo del producto, en sí mismo, está cambiando de modo significativo. El comercio electrónico revolucionará el ordenamiento, el abastecimiento y los procesos de manufactura. A principios del año 2000, Ford anunció una asociación con General Motors y DaimlerChrysler la cual creó un solo ámbito de mercado electrónico para las tres compañías —un intercambio integrado de proveedores de negocio a negocio a través de un solo portal de tipo global—. Dicho proyecto creó el ámbito de mercado virtual más grande del mundo.

Fuente: Página web de Ford: www.ford.com, 2002.

El diseño del producto se desprende del desarrollo de una estrategia de negocios que incluirá una proposición de valor que defina el mercado meta, la diferenciación del producto y la razón por la cual el cliente debería comprar dicho producto. Éste es el punto de partida para el diseño de un nuevo producto. Tales diseños de nuevos productos reflejan la estrategia del negocio que debe ajustarse para adaptarse a los diseños de nuevos productos. Vea el cuadro de Liderazgo operativo acerca de Ford Motor Company donde se expone la relación entre la estrategia y el desarrollo de nuevos productos.

3.1 ESTRATEGIAS PARA LA INTRODUCCIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

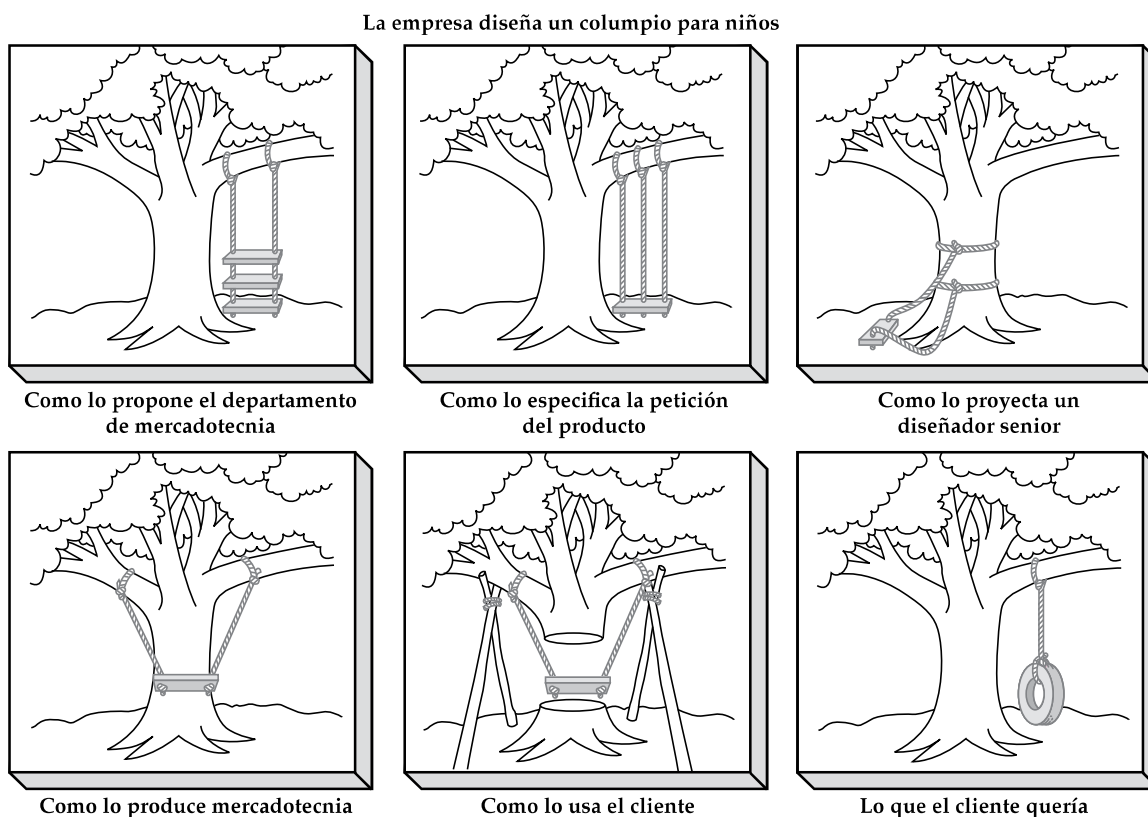
Existen tres formas muy distintas de introducir nuevos productos; estos enfoques se denominan: basado en el mercado, impulso de la tecnología e interfuncional.

Basado en el mercado. De acuerdo con esta perspectiva, el mercado es la base principal para determinar los productos que debería elaborar una empresa, con poca consideración de la tecnología existente. Una organización debe producir lo que puede vender. Se establecen las necesidades de los clientes y, posteriormente, la compañía organiza los recursos y los procesos que se requieren para abastecer al cliente. El mercado “jala” los productos que habrán de elaborarse.

Impulso de la tecnología. En esta perspectiva, la tecnología es el componente fundamental de los productos que la empresa debería elaborar, con poca consideración del mercado. La organización debe perseguir una ventaja basada en la tecnología por medio del desarrollo de tecnologías y productos superiores. De este modo, los productos son “impulsados” hacia el mercado, y el trabajo de mercadotecnia es crear una demanda para esos productos superiores. Ya que los productos poseen una tecnología superior, tendrán una ventaja natural en el mercado y los clientes querrán comprarlos.

Perspectiva interfuncional. Esta perspectiva sostiene que el producto no sólo debe ajustarse a las necesidades del mercado, sino que, además, debe tener una ventaja técnica. Para lograrlo, todas las funciones (por ejemplo, mercadotecnia, ingeniería, operaciones y finanzas) deben cooperar en el diseño de los nuevos productos que requiere la



FIGURA 3.1 Falta de cooperación en el diseño de un columpio.

empresa. Con frecuencia, ello se hace a través de la formación de equipos interfuncionales que sean responsables del desarrollo de un nuevo producto; ésta es la más atractiva de las tres perspectivas, pero también la más difícil de implantar. A menudo, la rivalidad y las fricciones a un nivel interfuncional deben superarse para conseguir el grado de cooperación indispensable para que un desarrollo interfuncional de productos tenga éxito. Si verdaderamente puede implantarse, generalmente, el enfoque interfuncional producirá los mejores resultados lo cual es un aspecto que enfatizamos en la parte restante de este capítulo. La falta de cooperación interfuncional se ilustra en la figura 3.1.

3.2 PROCESO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

La mayoría de las empresas tienen un proceso organizado de desarrollo de nuevos productos (NPD, *new-product development*) que sigue fases específicas o pasos prescritos. Estas fases pueden definirse formalmente en los documentos de la compañía y requieren de firmas de aprobación por parte de la alta dirección entre las fases. El propósito de tal proceso es obtener el control del desarrollo de productos y asegurar que el equipo NPD trate todos los aspectos de importancia. La certificación ISO 9000 demanda que se establezca un proceso NPD definido por escrito y que sea seguido por la compañía en el desarrollo de sus productos.¹

¹ ISO significa "International Organization for Standardization", la Organización Internacional de Estándares. ISO 9000 es a su vez un estándar que se aplica al desarrollo de nuevos productos y a la producción para asegurarse de que se diseñen y se manufacturen productos de calidad. El estándar ISO 9000 requiere que la compañía defina y use un manual de procedimientos para el desarrollo de nuevos productos. Para mayores informes acerca del ISO 9000, consulte el capítulo 8.

Las fases características que siguen las organizaciones en el desarrollo de nuevos productos son el desarrollo del concepto, el diseño del producto y la producción/prueba piloto. Los nombres de estas fases y el número de las mismas pueden variar de una compañía a otra, pero existe una gran cantidad de similitudes entre los distintos enfoques que se utilizan.

Desarrollo del concepto

Esta fase se relaciona con la generación de la idea y la evaluación de opciones alternativas para un nuevo artículo. Durante esta fase, de ordinario, se generan y se evalúan varios conceptos de productos. El producto físico aún no se diseña; en lugar de ello, se consideran diferentes enfoques para definir y para satisfacer la necesidad de mercado y la compañía selecciona el mejor. Cuando General Mills diseña un nuevo cereal, debe iniciar con el desarrollo del concepto. ¿Utilizará el nuevo cereal trigo, avena, maíz, salvado, o una combinación de éstos? ¿Cuál presentación será atractiva para el mercado (hojuelas, panecillos, aros)?, ¿se le añadirá azúcar y vitaminas al nuevo cereal?

Entre los varios diseños conceptuales que se hayan considerado y evaluado, uno de ellos se seleccionará para la siguiente fase de desarrollo de productos. Por lo general, la decisión de proceder a la fase de diseño del producto requiere de la aprobación de la alta dirección. En ese momento, se establece un equipo interfuncional, si no es que ya exista uno, para diseñar los nuevos productos.

Diseño del producto

Esta fase se relaciona con el diseño físico del nuevo producto. Al inicio, la empresa tiene una idea general de cuál será el nuevo producto, aunque no los detalles específicos. Al final de la fase de diseño del producto, la compañía posee un conjunto de especificaciones del producto y de los planos de ingeniería (o imágenes de computadora) explicados con suficiente detalle, lo cual hace posible que puedan construirse y probarse prototipos de producción.



El diseño del producto requiere la consideración de un gran número de negociaciones y evaluaciones entre el costo del producto, la calidad (características) y el programa. Los ingenieros serán asignados a trabajar sobre las diversas partes del proyecto y, a medida que lo hagan, tomarán decisiones que, en última instancia, afectarán el costo del producto, su calidad (características) y su programa para la introducción. Es fácil entender por qué las áreas de mercadotecnia, de operaciones y de finanzas/contabilidad también deben estar involucradas con la ingeniería durante esta fase, de tal modo que puedan hacerse las concesiones apropiadas entre ventajas y desventajas para el mayor beneficio de toda la empresa.

Es probable que el área de ingeniería emplee un programa de cómputo para diseñar el producto y para simular su operación antes de que se elabore. Ello ayudará a asegurarse de que el producto funcione cuando se haya producido. Por lo regular, se utilizan prototipos virtuales, los cuales se diseñan y se prueban dentro de una computadora con el fin de acelerar y simplificar las tareas del diseño de ingeniería. Asimismo, se aplican sistemas de diseño asistido por computadora (CAD)(*Computer-aided design*) para visualizar el producto en una pantalla de computadora y, en algunos casos, para eliminar la necesidad de planos, borradores o bocetos. Al final de esta fase, las imágenes y las bases de datos computarizadas se transmiten a producción como una base para la producción piloto. En el ejemplo anterior de cereales, la fase del diseño del producto especificará la receta exacta para elaborar el cereal, incluyendo las cantidades de todos los ingredientes y los métodos para la elaboración del mismo (métodos de mezclado, temperatura para el horneado, etcétera).

El **diseño del proceso** debe ocurrir de manera simultánea al del diseño del producto. Manufactura no debe esperar hasta que se concrete el diseño final antes de que empiece el diseño del proceso. Como regla, es mejor si el diseño del proceso se efectúa en paralelo con el del producto, de tal forma que puedan hacerse cambios en éste que faciliten el proceso de producción antes de aprobar el diseño del producto. También, es recomendable que los diseñadores del producto cuenten con alguna experiencia de manufactura para que estén enterados de las alternativas de proceso disponibles y de las dificultades de los diseños que pueden conducir a procesos de producción deficientes. La figura 3.2 muestra la mane-

ra en la que el diseño del proceso debe proceder en paralelo con el diseño del producto.

Asimismo, los servicios requieren de un diseño del producto y del proceso; sin embargo, en el contexto de los servicios, el producto puede ser, de hecho, el proceso. Por ejemplo, se lanzó al mercado una nueva tarjeta de débito que proporciona una cierta cantidad de minutos de larga distancia gratuitos por cada uso de la tarjeta que incluya compras de 10 o más dólares. Esta tarjeta, la cual se lanzó por TCF Financial Corporation, requirió un cambio de proceso para darle seguimiento a los créditos telefónicos para el cliente y asignarle esos créditos a su cuenta telefónica. En este caso, el producto fue relativamente fácil de diseñar, pero el cambio del proceso fue más complejo.

Experimentación/producción piloto

Los proyectos complejos requieren una experimentación de los **prototipos de producción** antes de que se elaboren; por ejemplo: en el diseño de una nueva computadora portátil, varias unidades se construyen como prototipos y se prueba su capacidad para satisfacer las especificaciones del producto. Esto puede incluir pruebas de los componentes físicos de la computadora así como del *software* y pruebas de confiabilidad del tiempo de vida de la computadora. Se realizan ensayos de producción y de experimentación similares en el caso de los aviones, automóviles, cereales y muchos otros productos nuevos. En algunos casos, el producto preliminar se fabrica en un volumen suficiente para ser comercializado en calidad de prueba. La elaboración de pruebas piloto del diseño del cereal que se describió anteriormente requiere de la producción de muestras y empaques del cereal con propósito de pruebas para el consumidor (prototipos). Se integrará un panel de consumidores para probar el cereal y decidir si les gusta o no. Además, puede usarse un mercado de prueba en una ciudad para probar el cereal en una escala más grande antes de que se lance la producción a escala total.

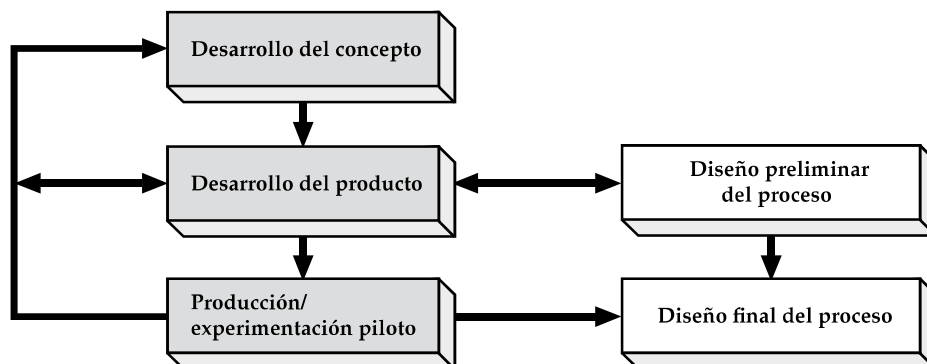
Durante esta fase, se finaliza el proceso de producción. Ya que el diseño del producto se aproxima a su conclusión, el proceso puede diseñarse con grandes detalles y puede probarse su capacidad para elaborar el artículo diseñado. Deben tomarse en cuenta las modificaciones del proceso y del producto para que el primero se optimice antes de iniciar la producción a escala total y el lanzamiento al mercado. Para facilitar la producción a escala total, debe integrarse un **paquete de información** que no sólo contenga las especificaciones del producto, sino las del diseño del proceso, los procedimientos de capacitación para los operadores y los resultados de las pruebas; ello facilitará la transición desde el diseño hasta la producción.



Éste es un sistema CAD que se emplea para el diseño de un producto.

FIGURA 3.2

Proceso del diseño de nuevos productos.



3.3 DISEÑO INTERFUNCIONAL DE PRODUCTOS

Con frecuencia, el proceso de desarrollo de nuevos productos adolece de **problemas de alineación**. Independientemente de qué tan excelente sea la planeación anticipada o la tecnología, la falta de alineación entre el diseño del producto y las operaciones puede presentarse. La falta de alineación puede ocurrir en la tecnología, la infraestructura y los sistemas de remuneración (Leonard-Barton, 1998).

La falta de alineación de la tecnología se presenta cuando un producto diseñado por ingeniería no puede ser hecho por el área de operaciones. Ello sucede cuando las tecnologías son nuevas o cuando no han sido probadas o no han sido bien entendidas. El área de operaciones puede tener una estructura que esté mal alineada con el nuevo producto en términos de habilidades de la mano de obra, sistemas de control, aseguramiento de la calidad y organización. Finalmente, los sistemas de remuneración pueden reforzar el uso de la tecnología actual en lugar de los nuevos procesos necesarios.

Trabajo en equipo. Los equipos de diseño de producto abarcan todas las funciones en el proceso simultáneo de diseño de productos.



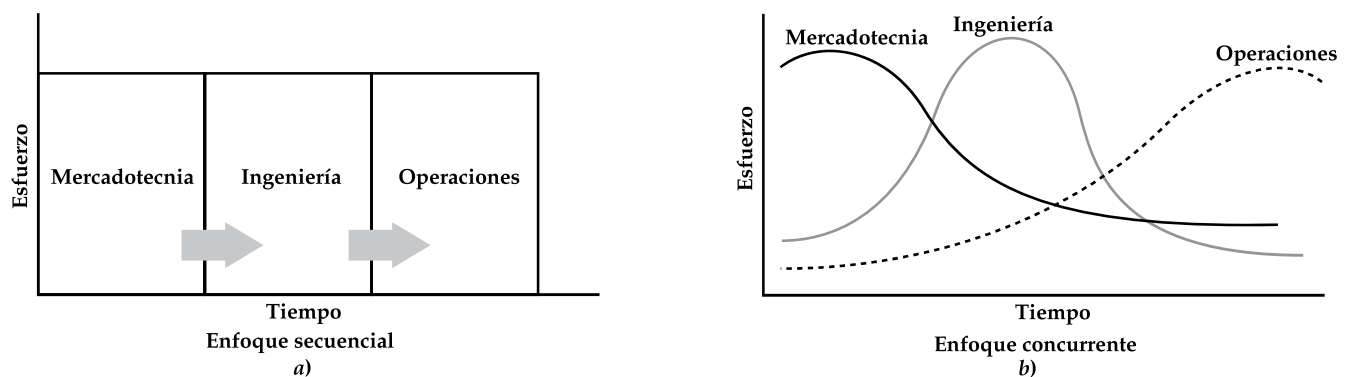
Para superar tales problemas en el desarrollo de la tecnología, se ha sugerido un enfoque concurrente de mercadotecnia, ingeniería y producción. El enfoque tradicional procede en etapas o pasos, como se muestra en el inciso a) de la figura 3.3. Se ha supuesto que la tecnología será transferida en etapas, como una transferencia, entre mercadotecnia, ingeniería y operaciones. Éste es un **proceso secuencial**, en donde cada función completa su trabajo antes de que comience el siguiente.



La figura 3.3b) ilustra un proceso de desarrollo simultáneo, denominado también **ingeniería concurrente**. Todas las funciones están involucradas desde el principio, frecuentemente mediante la formación de un equipo de desarrollo de nuevos productos, tan pronto como se inicie el desarrollo del concepto. En la primera etapa, mercadotecnia tiene el esfuerzo mayor, pero otras funciones también desempeñan un papel. Durante la fase de diseño del producto, mercadotecnia reduce su esfuerzo, pero no por completo, mientras que ingeniería posee el papel principal. Por último, el área de operaciones toma la delantera a medida que el nuevo producto es probado y lanzado al mercado.

El enfoque tradicional es más parecido a una carrera de relevos, pero el enfoque concurrente es como un juego de *rugby*. En una carrera de relevos, cada corredor recoge la estafeta de relevo para una porción de la carrera. En el fútbol, todo el equipo corre conjuntamente por el campo, empujando y arremetiendo en grupo, para adelantar la pelota hacia la meta.

FIGURA 3.3 Enfoque secuencial y enfoque concurrente.





En el National Center for Disease Control Institute for Occupational Safety and Health, se utilizaron técnicas concurrentes de ingeniería. El equipo concurrente de desarrollo de productos revolucionó el proceso de certificación nacional para los inhaladores industriales que se usaban para proteger a los trabajadores en ambientes peligrosos. El equipo interfuncional aseguró que las transferencias entre las funciones ocurrieran en forma rápida y fluida. Como resultado, el equipo mejoró los procedimientos para acelerar la certificación y para asegurar inhaladores de mejor calidad, incrementando, con ello, la seguridad de los trabajadores.

La ingeniería concurrente tiene varios beneficios. De acuerdo con un estudio reciente, el tiempo del proyecto de diseño ha disminuido 30% y el rediseño del producto se ha reducido a la mitad. Un administrador de ingeniería del producto de una compañía de tamaño mediano de equipos de distribución de aire ha dicho: “La ingeniería concurrente nos ha capacitado para hacer más en menos tiempo con recursos limitados”.²

3.4 COLABORACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Del mismo modo que la colaboración interna es importante, también lo es la colaboración externa con los proveedores y los clientes de la cadena de suministro. Aunque, por lo regular, en el desarrollo de nuevos productos se establecen relaciones con clientes y proveedores, la colaboración es algo distinto, ya que requiere de una participación real en el proceso de diseño.

La **colaboración** con los clientes se refiere a la utilización de sus conocimientos y de su pericia para diseñar productos que ellos estén dispuestos a comprar; ésta puede asumir muchas formas distintas, incluyendo las siguientes:

- Plantear a los clientes las preguntas correctas. ¿Qué podemos hacer para ayudarlo a hacer su vida más fácil o más productiva?
- La alineación de incentivos para que los clientes compartan sus conocimientos con el equipo de diseño. Los incentivos podrían incluir mercancías, gratificaciones monetarias y un primer acceso a nuevos diseños.
- La creación de una plataforma tecnológica participativa para compartir información. Esto puede asumir muchas modalidades, incluyendo redes de computadoras o programas de cómputo que hagan posible la colaboración; por ejemplo, National Semiconductor creó un *software* que le permite a los clientes diseñar circuitos mediante el uso de los productos de National Semiconductor.
- La inclusión de clientes como consejeros del equipo de diseño.

Para colaborar con los clientes, P&G (*Procter & Gamble*) generó el programa denominado P&G Advisor; éste permite a los consumidores contribuir al desarrollo del producto probando nuevos artículos y aportando una rápida realimentación sobre los diseños.

Aunque la colaboración con los clientes proporciona beneficios, implica un cambio de actitud que va desde el control del diseño hasta el trabajo en asociación con ellos, lo cual requiere una disposición mental distinta; por ejemplo, los diseñadores no les pueden simplemente preguntar a los clientes qué es lo que quieren o necesitan, ya que éstos no siempre lo saben. Un enfoque más sofisticado estriba en observar a los consumidores que utilizan los productos actuales para detectar limitaciones o preguntarles qué es lo que hacen para alcanzar los resultados que buscan. Por otro lado, los miembros del equipo de diseño deben preguntarse a sí mismos qué hacen los clientes que ellos pueden hacer mejor; cuando ellos trabajan con los consumidores de un modo participativo, los diseños de nuevos productos mejoran.

El segundo aspecto de la colaboración de la cadena de suministro radica en trabajar con los proveedores. Ya que, con frecuencia, los materiales comprados implican más de 50% del costo de los bienes vendidos, los proveedores deben colaborar para diseñar el pro-

² Página web www.scpdnet.org.

Liderazgo operativo Los proveedores diseñan baterías para automóviles híbridos

Se consideraron 27 productores de baterías antes de que General Motors concediera el desarrollo a dos proveedores de baterías: Continental Automotive de Alemania, la cual obtiene sus baterías A123 de Watertown, Massachusetts, y Compact Power, una unidad de Michigan de un productor



de baterías coreano. Estos dos proveedores están desarrollando las baterías en colaboración con General Motors, que a su vez prueban los prototipos. Los ingenieros de General Motors simulan las condiciones de la vida real obteniendo de ellas, de manera repetitiva, energía y haciendo pruebas de resistencia de las baterías con vibraciones, cambios de temperatura y condiciones extremas.

Sólo el tiempo dirá si las nuevas baterías satisfarán las especificaciones de diseño para el Chevy Volt, un automóvil híbrido que ha sido diseñado para recorrer 40 millas (64 kilómetros) con una sola carga.

Toyota y sus proveedores están desarrollando tecnologías alternativas de baterías. Toyota, el líder de automóviles híbridos, está asumiendo un enfoque más conservador y está usando un tipo distinto de baterías de iones de litio. Qué tecnología sea la mejor es un aspecto que será definido no sólo por los productores de vehículos, sino por sus proveedores y, en última instancia, por el cliente.

Fuente: Adaptado de Joann Muller y Andy Stone, "Jump Start", *Forbes*, 7 de abril de 2008, pp. 68-70.

ducto. Esto es fundamental cuando el producto involucra nuevas tecnologías en las que la compañía es inexperta.

Puede solicitarse a los proveedores que se unan al equipo de desarrollo de nuevos productos o que proporcionen insumos en puntos fundamentales del proceso del diseño. Su papel es ofrecer mejoramientos en el diseño o enfoques alternativos que potencien su habilidad. Cuando se considera que un proveedor es un colaborador potencial, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- *Conocimientos técnicos:* ¿el proveedor tiene conocimientos técnicos que la compañía no posee?
- *Potencial:* ¿el proveedor puede alcanzar metas en cuanto a costo, calidad y desempeño del producto?
- *Capacidad:* ¿el proveedor puede cumplir con el programa de desarrollo de productos y el comienzo de la producción?
- *Riesgo bajo:* ¿cuál es el riesgo de que el proveedor no tenga un desempeño como el que se esperaba?

Ciertos estudios han demostrado que, a través de la colaboración del proveedor, el desempeño general mejora de 10 a 20% en costos, tiempo, calidad y desempeño del producto. Pero, ¿debería tomarse en cuenta a todos los proveedores para propósitos de colaboración? No, es mejor incluir sólo a aquellos que sean críticos para el diseño y que tengan algo que ofrecerle al proceso. Un ejemplo de un apoyo de un proveedor destacado es el diseño de la batería para los nuevos automóviles híbridos, como se expone en el cuadro de Liderazgo operativo. Cuando existe colaboración con los proveedores y clientes importantes de la cadena de suministro, el proceso del diseño mejora mucho.

3.5 IMPLANTACIÓN DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

El proceso de desarrollo de nuevos productos se ve apoyado por muchas herramientas y técnicas distintas, algunas de las cuales se cubren en la parte restante de este capítulo.

La **implantación de la función de calidad** (QFD, *quality function deployment*) es una herramienta para vincular los requisitos del cliente como éstos son definidos por él mismo con las especificaciones técnicas. La implantación de la función de la calidad es de gran utilidad para traducir el lenguaje ordinario que se obtiene de los consumidores en requisitos técnicos que entiendan los ingenieros. Asimismo, facilita la cooperación interfuncional entre mercadotecnia, ingeniería y manufactura.

La implantación de la función de la calidad se utilizó por primera vez en 1972 en el astillero Mitsubishi en Japón. De ahí se esparció a Toyota y a ciertas compañías estadounidenses. En la actualidad, muchas compañías en el mundo están usando la implantación de la función de la calidad en industrias como automóviles, electrónica, aparatos para el hogar y servicios. Se ha descubierto que la implantación de la función de la calidad es de mucha utilidad como una herramienta para comunicaciones y ayuda a garantizar que todos los requisitos de los clientes se estén considerando y que no se haya olvidado nada.

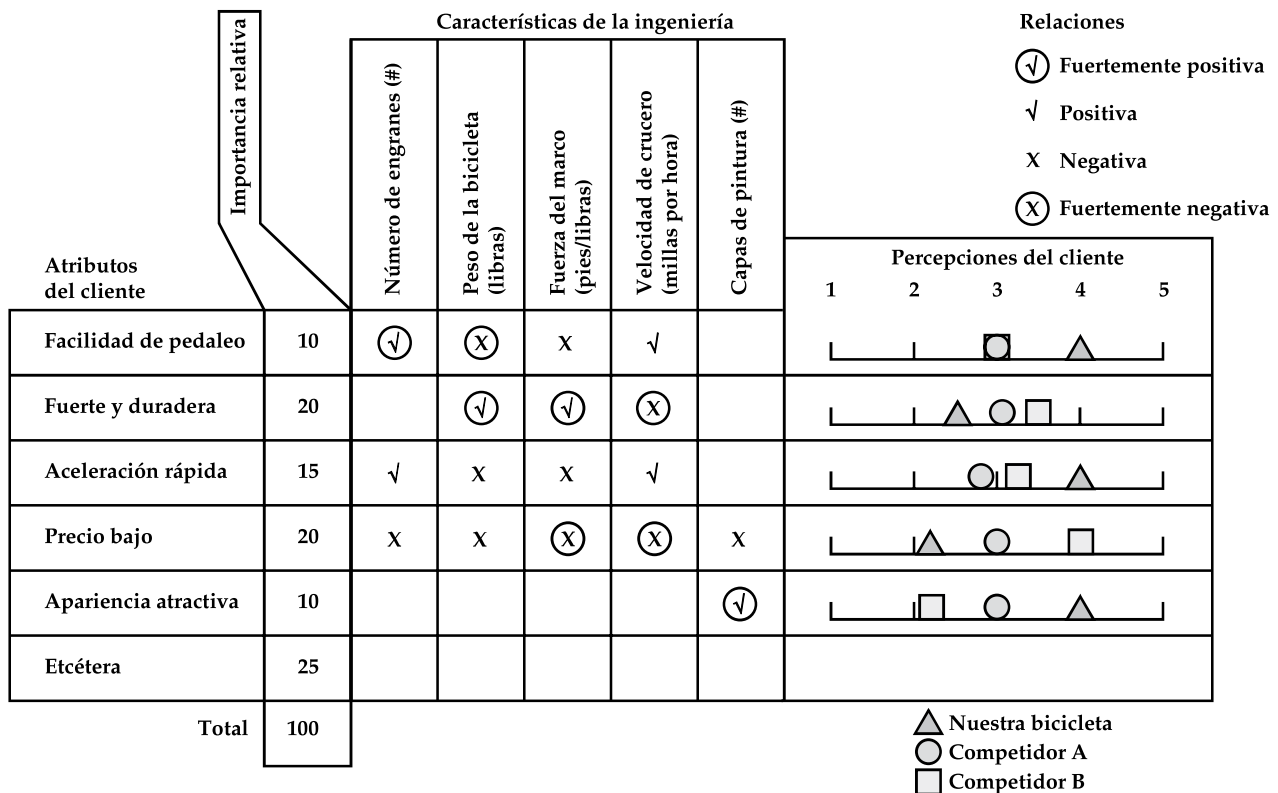
Cuando la implantación de la función de la calidad se emplea, la empresa identifica diversos atributos de los clientes. Cada uno de dichos atributos puede satisfacerse por medio de una o más características de ingeniería del producto. Mediante la utilización de la matriz que se muestra en la figura 3.4, los atributos del cliente en el lado izquierdo pueden relacionarse con las características de ingeniería de la parte superior. Cuando esta matriz, primeramente popularizada por Hauser and Clausing (1988), se completa, se le denomina la **casa de la calidad**.

La casa de la calidad que se ilustra en la figura 3.4 será explicada con cierto detalle usando como ejemplo una bicicleta. Lo resolveremos procediendo un paso a la vez y empezando con los atributos del cliente.

Atributos del cliente

Los atributos del cliente (CAs, *customer attributes*) que aparecen en el lado izquierdo de la matriz de la figura 3.4 representan la voz del cliente. Dichos atributos se determinan a través de una investigación de mercado en conjunción con los clientes potenciales de

FIGURA 3.4 Matriz de relación.





Su bicicleta puede diseñarse usando la QFD.

la bicicleta para definir los atributos principales del producto. Por consiguiente, debe establecerse un mercado meta de modo que puedan contactarse los tipos de clientes apropiados. Suponga, en este caso, que la bicicleta se diseña para un mercado muy específico: los estudiantes universitarios la utilizan en un campus. Éstos deberán ser entrevistados o interrogados para determinar lo que consideran como características o peculiaridades importantes de una bicicleta. Asumamos que a los estudiantes les gustaría una bicicleta que sea fácil de pedalear, fuerte y duradera, que tenga una rápida aceleración, con un precio bajo y que posea una apariencia atractiva. Observe que tales atributos del cliente no son muy específicos en este momento y necesitan una mayor definición por parte del proceso de la implantación de la función de la calidad.

En este momento, añadiremos algunas cosas más a la casa de la calidad. Después de que se han enlistado los atributos del cliente en el lado izquierdo de la matriz, son evaluados por ellos mismos en cuanto a su importancia relativa hasta sumar 100 puntos. Esto se presenta en la columna de la chimenea de la casa de la calidad en la figura 3.4. En el lado derecho de la matriz, se exhibe una comparación de la bicicleta actual de la compañía con las ofertas de la competencia en términos de cada uno de los atributos del cliente.

Características de ingeniería

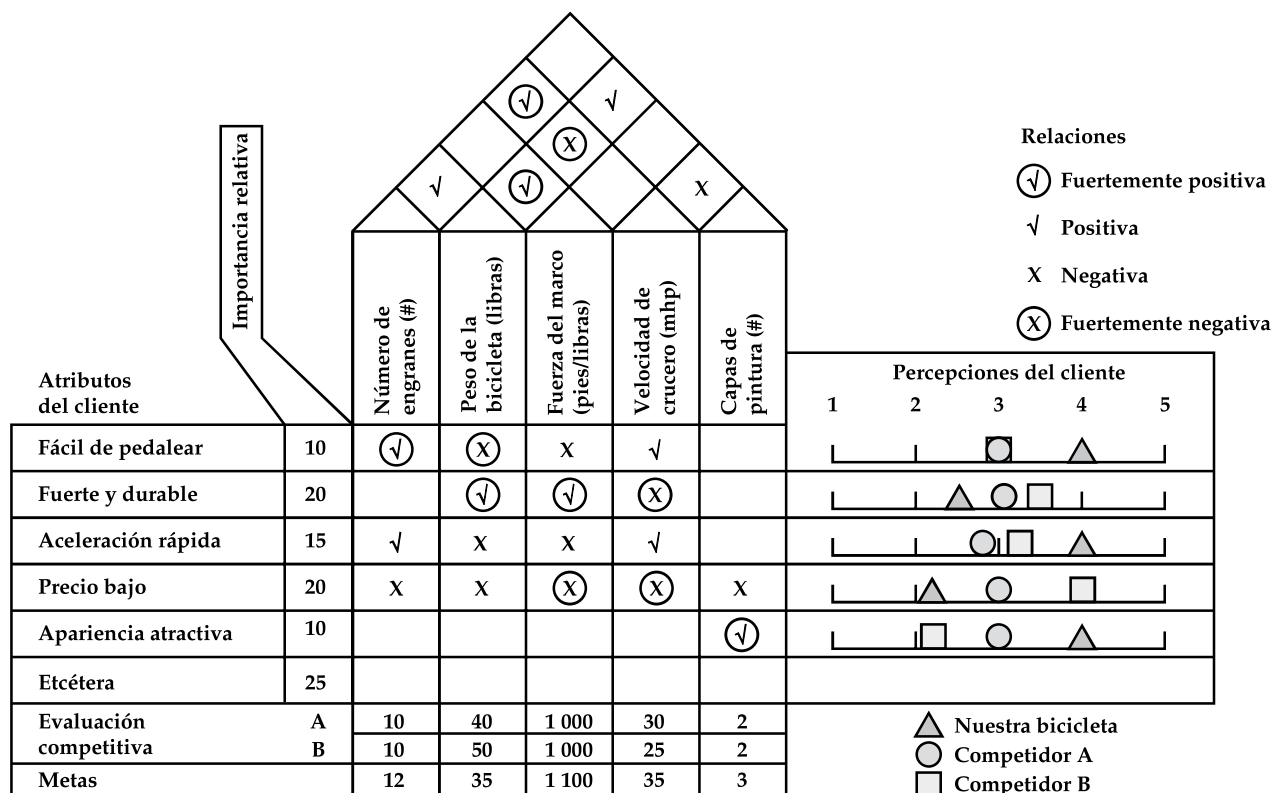
El siguiente paso en la implantación de la función de la calidad consiste en traducir los atributos del cliente en características de ingeniería (ECs, *engineering characteristics*). Esto se hace pensando cómo puede satisfacerse cada uno de los atributos del consumidor a través del diseño de la nueva bicicleta. Las características de ingeniería deben ser mensurables y específicas y están íntimamente ligadas a las especificaciones del diseño final del producto.

Para el diseño de la bicicleta, algunas de las características de ingeniería podrían ser el número de engranes, el peso de la bicicleta en libras, la resistencia o fuerza del marco, la velocidad de crucero y el número de capas de pintura sobre el marco. Estas características se han colocado en la parte superior de la matriz de la figura 3.4 y, posteriormente, se asocian con cada uno de los atributos del cliente; por ejemplo, el atributo del cliente fácil de pedalear se relaciona fuertemente con el número de engranes de la bicicleta. En general, entre más engranes haya, más fácil será pedalear la bicicleta en diferentes condiciones y situaciones. También, la característica fácil de pedalear está inversamente vinculada con el peso de la bicicleta. Se han puesto varios símbolos en la matriz (consulte la figura 3.4 para ver las claves) para indicar la naturaleza de la relación entre cada atributo del cliente en particular y las características de ingeniería. Ello puede realizarse por medio de la conducción de pruebas de ingeniería o con el uso de relaciones entendidas en términos generales.

A continuación, vamos a la figura 3.5, la cual añade un techo a la casa de la calidad. El techo muestra cómo se relacionan entre sí las características de ingeniería. Esto hace posible estudiar a cualquiera de las **concesiones** que pueden requerirse entre una característica de ingeniería y otra; por ejemplo, observamos que el peso de la bicicleta afectará de una manera negativa a su velocidad de crucero. Además, el número de capas de pintura tendrá un efecto positivo moderado sobre el peso de la bicicleta.

Por último, en la parte inferior de la matriz de la figura 3.5, hemos indicado el valor de cada una de las características de ingeniería logradas por las bicicletas de los competidores. También mostramos un **valor fijado como meta**, el cual hemos establecido para el diseño de nuestra nueva bicicleta; dicho valor está determinado por la importancia de diversos atributos del cliente, las conexiones con las características de ingeniería y el desempeño deseado para la nueva bicicleta en relación con las de los competidores. El resultado final de la casa de la calidad es una traducción de los atributos del cliente en valores fijados como meta para las características de ingeniería que aparecen en la parte superior de la matriz.

FIGURA 3.5 Casa de la calidad.

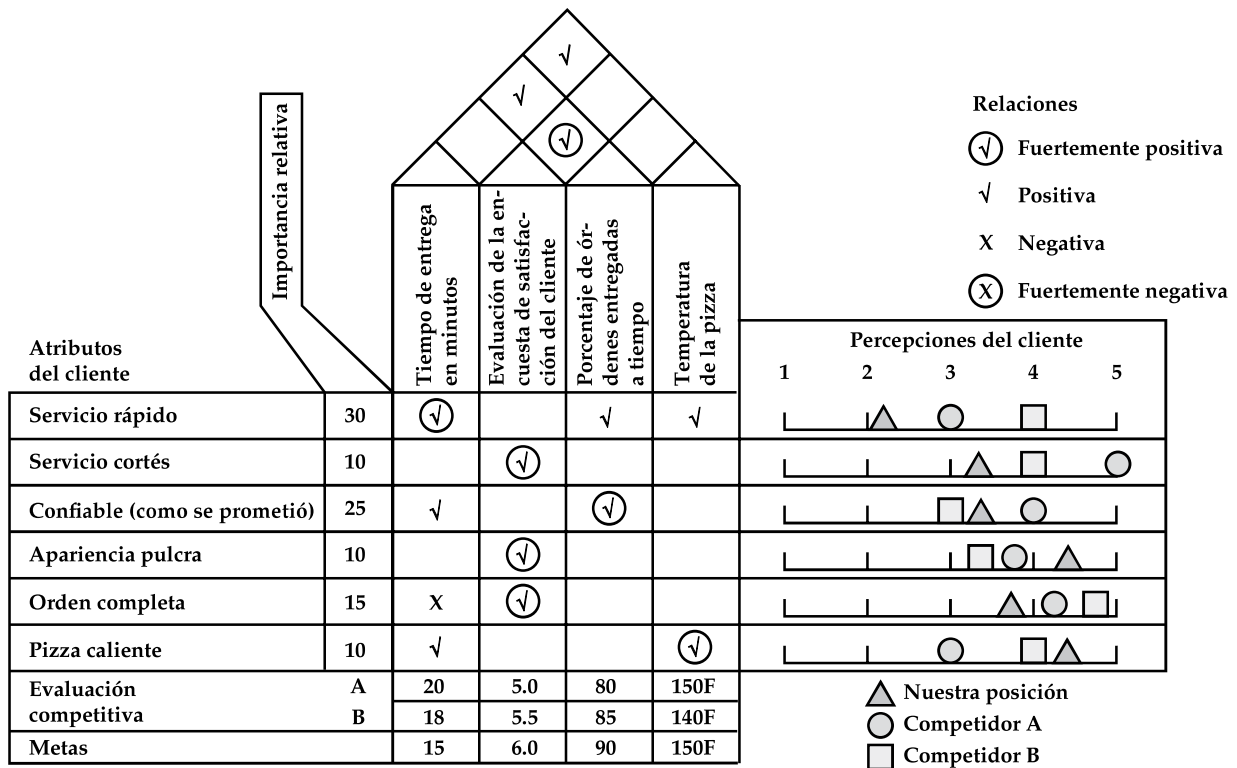


Se ha encontrado que la casa de la calidad es de gran utilidad para incrementar las comunicaciones interfuncionales porque conecta de una forma nítida los requisitos del mercado, los cuales valora el cliente, con las características de diseño que deben considerar los ingenieros; por lo tanto, puede desarrollarse un diseño que satisfaga las necesidades del mercado y que, a la vez, considere todas las concesiones requeridas para el diseño. La casa de la calidad puede extenderse a la producción vinculando el producto con diversas partes y con los parámetros del diseño del proceso. En este caso, los valores fijados como meta para el diseño del producto se convierten en los atributos del cliente para el diseño de las partes y para el diseño del proceso. Además, la casa de la calidad puede vincularse con los proveedores al considerar como atributos del cliente los objetivos del diseño que se les haya entregado. Así, puede desarrollarse un diseño conveniente para todas las partes de la cadena de suministro involucradas en el diseño y en la elaboración del producto.

La implantación de la función de calidad también puede aplicarse a las industrias de servicios de una manera muy similar a como se emplea en la manufactura. Para ilustrar, considere el ejemplo de Pizza U.S.A., la cual se describió por primera vez en el capítulo 1. Pizza U.S.A. está evaluando la implantación de un servicio de entrega para sus pizzas y productos relacionados.

Para este nuevo servicio, los atributos del cliente se han determinado precisamente a partir de los consumidores y son: rapidez, cortesía y servicio confiable. Asimismo, el agente de la entrega debe tener una apariencia muy pulcra y la orden debe entregarse completa (sin que nada falte) y con una pizza caliente. Los atributos del cliente se enlistan en el lado izquierdo de la matriz de implantación de la función de la calidad de la figura 3.6.

En cuanto a los servicios, puede resultar complicado identificar las características de ingeniería, las cuales, algunas veces son difíciles de definir y de medir; en este caso, dichas características son el tiempo de entrega (minutos), la satisfacción del cliente (se determina a partir de una encuesta periódica al cliente), el tiempo real de la entrega comparado con el tiempo prometido y la temperatura de la pizza al entregarse. Observe que la encuesta

FIGURA 3.6 Implantación de la función de calidad en las entregas de Pizza U.S.A.

medirá los atributos intangibles como una apariencia pulcra, la cortesía, que la orden esté completa y la satisfacción general con el servicio.

Así, ahora los atributos del cliente se relacionan con cada una de las características de ingeniería de la misma forma que en el ejemplo de la bicicleta. Además, el techo de la casa de la calidad, las percepciones del cliente, las evaluaciones de la competencia y las metas se añaden para completar el análisis, como se muestra en la figura 3.6. Aunque la implantación de la función de calidad para los servicios puede medirse de un modo un tanto distinto que en la manufactura, se aplican los mismos principios generales.

3.6 ANÁLISIS DEL VALOR

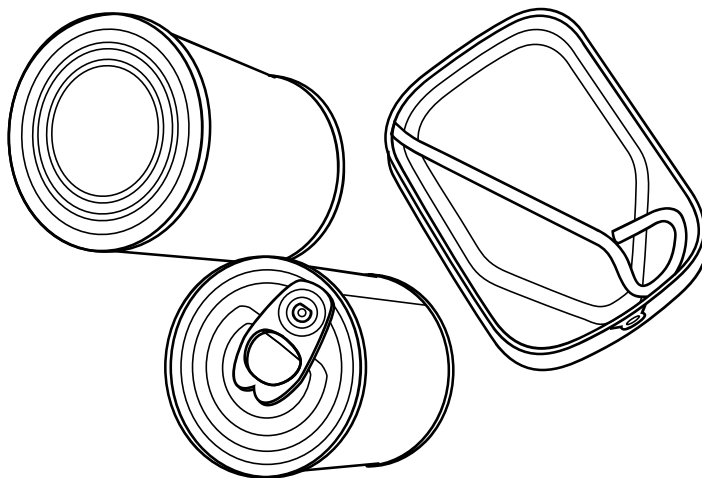
Existe la necesidad no sólo de satisfacer los requerimientos del cliente, sino de asegurar que el producto sea factible de manufacturarse. El **diseño para la manufactura** (DFM, *design for manufacturing*) es un enfoque que consiste en dos cosas: 1) la simplificación de los productos y 2) la manufactura de productos múltiples mediante el uso de partes, procesos y módulos comunes. En esta sección, explicaremos la simplificación de los productos con base en el análisis del valor (o ingeniería del valor), la cual debe realizarse preferentemente antes de la elaboración del producto.

El **análisis del valor** es un método para mejorar la utilidad de un producto sin aumentar su costo o para disminuir el costo sin reducir la utilidad del producto; puede dar como resultado grandes ahorros, un mejor producto para el consumidor o ambas cosas. En este análisis del valor, se usa un enfoque lógico de paso por paso.

El valor se define como la razón de utilidad por costo; éste es un término absoluto que mide la cantidad de recursos empleados para elaborar un producto. En contraste, la utilidad es un concepto relativo que describe la funcionalidad que el cliente adscribe a un producto y puede describirse por medio de términos tales como características del producto, desempeño y confiabilidad del producto.

FIGURA 3.7

El análisis del valor puede emplearse para determinar la mejor forma de abrir una lata.



En el análisis del valor se manejan los siguientes términos:

- *Objetivo*: el propósito fundamental del producto.
- *Función básica*: si se elimina una función básica, el producto se volverá inservible en términos de su objetivo declarado.
- *Función secundaria*: una función que es el resultado de la manera en la que se diseña el producto y permite el logro de la función básica.

Por ejemplo, para tener acceso al contenido de una lata podríamos tener lo siguiente:

- *Objetivo*: extraer el contenido de la lata.
- *Función básica*: abrir la lata.
- *Función secundaria*: cortar la tapa.

Se requiere abrir la lata para conseguir el objetivo, que consiste en extraer el contenido. Así, la apertura de la lata es una función básica, pero no es necesario ejecutar la función secundaria de cortar la tapa. Podrían usarse otros métodos para abrir la lata, como jalar la lengüeta, abatir la tapa o desatornillar la tapa, como en la figura 3.7.

El análisis del valor es el proceso de examinar las funciones secundarias para investigar si se puede identificar una alternativa que mejore la razón de valor. Esto se hace identificando primero el costo de la función secundaria actual. Posteriormente, se calculan los costos de las funciones secundarias alternativas; si éstas tienen un costo menor sin sacrificar la utilidad de abrir la lata para el cliente, entonces el valor se mejora. Además, la utilidad puede mejorarse (facilidad para la remoción de la tapa, poder volver a tapar la lata, etc.) al mismo costo, lo cual también aumentaría el valor para el cliente.

El análisis del valor es una forma de mejorar un producto ante los ojos del cliente. Después de todo, es él quien está interesado en el valor y compra productos con base en el valor que recibe. Con frecuencia, el análisis del valor se relaciona con la manufacturabilidad, ya que un producto diseñado para manufacturarse posee el costo más bajo y el valor más alto. El diseño para la manufactura elimina las partes innecesarias y hace que el producto sea más fácil de elaborar. Este enfoque reducirá el costo, mejorará la utilidad del producto o ambas cosas. Vea la figura 3.8 donde se presenta un ejemplo espectacular de simplificación de un producto que mejoró su manufacturabilidad y su valor.

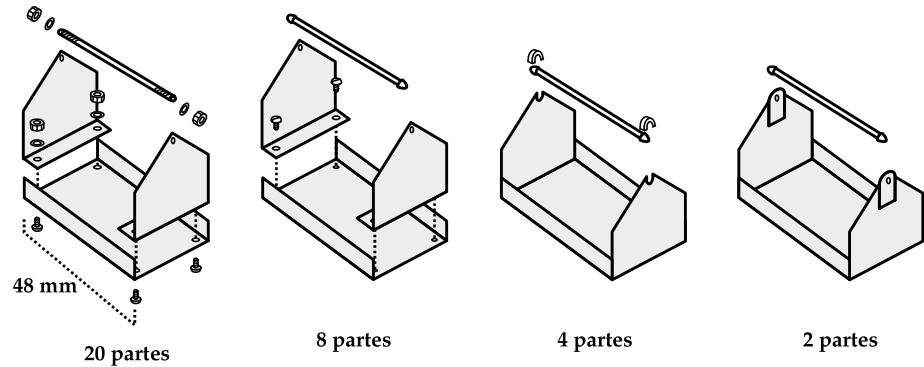
3.7 DISEÑO MODULAR

Otro aspecto del diseño de la manufactura es simplificar el diseño de productos múltiples. De ordinario, los productos se diseñan uno a la vez sin mucha consideración de los aspectos comunes de las partes o de las propiedades modulares que pueden ayudar a la producción y aun satisfacer las necesidades del cliente.

FIGURA 3.8 Diseño para la manufactura de una caja de herramientas

Este ejemplo ilustra la progresión del ensamblado de una caja de herramientas desde el inicio del diseño y con inclusión de la evolución de un estudio de diseño para la manufactura, lo que dio como resultado una reducción en el conteo de las partes del diseño de 20 a 2 partes, mejorando la confiabilidad y disminuyendo el costo del producto.

Fuente: John Ingalls, "How Design Teams Use DFM/A to Lower Costs and Speed Products to Market", *Target* 12, núm. 1 (1996), pp. 13-19.



El **diseño modular** hace posible tener una variedad de productos relativamente alta y una baja variedad de componentes al mismo tiempo. La idea principal es desarrollar una serie de componentes básicos de un producto, o módulos, que puedan ensamblarse dentro de un alto número de productos diferentes. Para el cliente, parece ser que hay un gran número de productos distintos. Para las operaciones, existe sólo un número limitado de componentes y procesos básicos. El diseño modular es un prerrequisito para la personalización en masa, lo que se describe en el siguiente capítulo.

El control del número de diversos componentes que van dentro de los productos es un aspecto de gran importancia para las operaciones, ya que hace posible producir, de una manera más eficiente, volúmenes más grandes y, a la vez, permite la estandarización de los procesos y de los equipos. Un alto número de variaciones de productos aumentará en forma considerable la complejidad y el costo de las operaciones.

Una variedad de colchones puede controlarse mediante el diseño modular.



El diseño modular ofrece una forma fundamental de cambiar la manera de pensar en relación con el diseño del producto. En lugar de diseñar cada producto por separado, la compañía los diseña en torno a módulos de componentes estándar y procesos estándar. Si esto se hace, la línea de productos debe analizarse cuidadosamente y dividirse en módulos básicos. Además deben desarrollarse módulos comunes que puedan servir para más de una línea de productos y deben eliminarse los adornos innecesarios del producto. Este enfoque todavía permitirá una gran variedad de productos, pero se reducirá el número de variaciones innecesarias del producto.

El enfoque del diseño modular puede ilustrarse mejor con un ejemplo. Un grupo de estudiantes de la Universidad de Minnesota estudió las operaciones de un productor grande de camas, una compañía que producía más de 2 000 combinaciones distintas de colchones. El equipo descubrió que 50% de esas combinaciones facturaba sólo 3% de las ventas. Los sondeos del mercado señalaron que esta alta variedad de productos no era ventajosa para la comercialización y que, al mismo tiempo, había aumentado los costos.

Con el uso de ideas de diseño modular, se diseñó una línea de productos de colchones con cuatro tamaños básicos: regular, doble, queen y king. La construcción interna de los colchones se limitaba sólo a algunos arreglos diferentes de resortes y espesuras del relleno de espuma. Se usó una moderada variedad de cubiertas de colchones para satisfacer las preferencias de los consumidores en cuanto al color y al tipo de diseño. Este enfoque redujo enormemente el número de componentes del colchón y, a la vez, brindó una variedad sustancial para el cliente; por ejemplo, con cuatro tamaños de camas, tres tipos de construcción de resortes, tres tipos de relleno de espuma y ocho distintas cubiertas, era posible elaborar un total de 288 diseños de colchones.

$$4 \times 3 \times 3 \times 8 = 288 \text{ combinaciones}$$

No se producían todas estas combinaciones, ya que algunas podrían ser inaceptables para el cliente, por ejemplo: la combinación de resortes costosos con un relleno delgado de espuma. Aunque todavía existen muchas combinaciones de productos en este ejemplo, el número de componentes fue reducido.



El equipo sugirió que las áreas de mercadotecnia, operaciones e ingeniería se reunieran para definir los componentes básicos que se elaborarían y las combinaciones deseadas de productos. Asimismo, recomendó que la empresa se sujetara de manera rigurosa a esos componentes una vez que se haya tomado la decisión, con una revisión periódica, quizás una vez al año. El equipo no sólo trató con el problema de la proliferación de productos sino que, por medio del uso del concepto de un diseño modular, retuvo las ventajas de mercado de la variedad de productos.

Dell Computer Corporation utiliza un diseño modular para sus computadoras; por ejemplo, las computadoras portátiles Dell tienen muchas alternativas opcionales: 12 procesadores, cuatro memorias, seis discos duros, seis dispositivos de medios, cinco tarjetas inalámbricas, cinco opciones de baterías, cinco pantallas, nueve tarjetas gráficas y seis *software* a elegir. Esto aporta un total de 58 módulos (o componentes) que se instalan en las computadoras portátiles Dell. El número teórico de computadoras portátiles distintas que pueden producirse es el siguiente:

$$12 \times 4 \times 6 \times 6 \times 5 \times 5 \times 5 \times 9 \times 6 = 11\,664\,000$$

Desde luego, no todos los módulos se combinan con el resto, lo cual reduce el número total de alternativas. El diseño modular otorga una oportunidad para optimizar la producción en Dell, ofreciendo abundantes alternativas para el consumidor.

3.8 ASPECTOS Y TÉRMINOS CLAVE

El diseño de nuevos productos posee un gran impacto sobre las operaciones, pues determina las especificaciones para el producto. Del mismo modo, las operaciones pueden restringir la capacidad de una empresa para desarrollar nuevos productos y hacer su producción



más costosa. Como resultado, las operaciones deben estar profundamente involucradas en el desarrollo de nuevos productos.

- Existen tres formas de desarrollar nuevos productos: basado en el mercado, impulso de la tecnología y enfoque interfuncional. El enfoque interfuncional es, de ordinario, el mejor, ya que incluye consideraciones tanto de mercado como tecnológicas en el diseño de nuevos productos.
- En las compañías, el proceso de desarrollo de nuevos productos se especifica con frecuencia con la inclusión de tres fases: desarrollo del concepto, diseño del producto y producción/experimentación piloto.
- Desde el principio, los productos deben diseñarse con miras a su manufacturabilidad. Esto se hace considerando el diseño del proceso de producción como parte del diseño del producto y usando un enfoque concurrente de ingeniería.
- Una ingeniería concurrente emplea fases que se traslapan en el diseño del producto en lugar de utilizar un enfoque secuencial. Por lo común, se forma un equipo de desarrollo de nuevos productos con representación de todas las funciones gerenciales (mercadotecnia, ingeniería, operaciones y finanzas/contabilidad) para asegurar una integración interfuncional.
- En el desarrollo de nuevos productos, la colaboración de la cadena de suministro es esencial. Esto debería lograrse con la colaboración tanto de los clientes como de los proveedores en el proceso de desarrollo de nuevos productos.
- La implantación de la función de calidad se usa para conectar los atributos del cliente con las características de ingeniería, lo que, por lo regular, se hace a través de una técnica denominada casa de la calidad, la cual puede aplicarse tanto para la manufactura como para los servicios.
- El diseño de la manufactura puede lograrse con la simplificación del producto o de la producción modular.
- La simplificación del producto se alcanza a través del análisis del valor, lo cual proporciona la utilidad máxima para los clientes al costo más bajo.
- El diseño modular es útil para minimizar el número de partes distintas necesarias para la elaboración de una línea de productos de artículos relacionados y puede hacerse mediante el diseño de módulos estándar y considerando sólo las combinaciones de opciones que tengan una demanda de mercado significativa.

Términos clave

Basado en el mercado	Paquete de información	Atributos del cliente
Impulso de la tecnología	Falta de alineación	Características de ingeniería
Perspectiva interfuncional	Proceso secuencial	Concesiones
Desarrollo del concepto	Ingeniería concurrente	Valor fijado como meta
Diseño del producto	Colaboración de la cadena de suministro	Objetivos
Diseño del proceso	Implantación de la función de calidad	Análisis del valor
Experimentación/producción piloto	Casa de la calidad	Diseño para la manufactura
Prototipos de producción		Diseño modular

Usted decida

¿Cuál es la mejor forma de hacer que los equipos interfuncionales participen en un diseño concurrente de un producto?

EJERCICIOS POR INTERNET



1. Japan Business Consultants
http://www.mazur.net/works/jurassic_qfd.pdf

Entérese cómo se usó la implantación de la función de calidad para diseñar dinosaurios animatrónicos.

2. Society of Concurrent Product Development
<http://www.scpdnet.org/paper.htm>

Lea uno de los documentos de este sitio y discuta en clase sus descubrimientos.

3. 3M Company
<http://www.3m.com>

Describa un producto único introducido por 3M. ¿Cómo ha podido 3M seguir siendo una compañía innovadora?

Preguntas de análisis

1. ¿Por qué es importante la cooperación interfuncional para el diseño de nuevos productos? ¿Cuáles son los síntomas de una posible falta de cooperación interfuncional?
2. ¿En qué circunstancias podría un enfoque de basado en el mercado o un enfoque de impulso de la tecnología ser el mejor para el diseño de un nuevo producto?
3. Describa los pasos que podrían requerirse al escribir y al producir una obra. Compárelos con los tres pasos para el desarrollo de un nuevo producto que se describió en la sección 3.2, ¿existe alguna correspondencia?
4. ¿Por qué ha habido un incremento en la variedad de productos en nuestra economía?
5. ¿Cómo puede el concepto de diseño modular controlar la variedad de la producción y, al mismo tiempo, permitir una variedad de productos?
6. ¿Cuál es el papel adecuado de la función de operaciones en el diseño del producto?
7. ¿Qué forma toma la especificación del producto para las siguientes empresas: una agencia de viajes, una compañía de cervezas y una firma de consultoría?
8. Ejecute un análisis del valor sobre los siguientes artículos:
 - a) Una engrapadora.
 - b) Un *mouse* para la operación de una computadora.
 - c) Un escritorio a ser usado por los estudiantes con propósitos de estudio.
9. Encuentre algunos ejemplos del diseño modular de productos en la vida cotidiana.
10. Trabaje con uno de sus compañeros de clase como si fuera su cliente y suponga que usted es el proveedor. Haga que el consumidor seleccione un producto y especifique los atributos deseables. Posteriormente, especifique las características de ingeniería requeridas para satisfacer las necesidades del cliente. Complete la matriz de la casa de la calidad estableciendo las relaciones de la matriz. Pregunte al usuario si las características de ingeniería resultantes serán las deseables para satisfacer sus necesidades.
11. ¿Cuáles son los beneficios esenciales de usar el enfoque de implantación de la función de calidad para el diseño de los productos? También, identifique cualquier efecto negativo que pudiera aplicarse al uso de la implantación de la función de calidad.
12. Piense en algunos ejemplos acerca de cómo puede utilizar la implantación de la función de la calidad para atender problemas de diseño.
13. A un estudiante le gustaría diseñar una mochila para libros y artículos escolares. Los atributos del cliente son 1) una mochila cómoda que sea 2) duradera con 3) suficiente espacio y 4) no muy pesada de llevar. Piense en algunas características de ingeniería que se puedan usar para medir estos atributos del cliente. Después, construya una matriz de implantación de la función de calidad que muestre las relaciones positivas y negativas que usted espera ver en este caso.
14. Un empresario está planeando una tienda de emparedados que se localizaría en el campus universitario. Defina los atributos del cliente que a usted le gustaría ver para el servicio (y no para el producto) que se proporcionaría en esta localidad. Luego, especifique algunas características de ingeniería que puedan aplicarse para la medición del servicio.
15. Asuma que un automóvil que usted quiere comprar tiene cinco opciones para el color de los interiores, tres tipos de radios, tres opciones para el motor, dos tipos de baterías (regular y de alto rendimiento), diez colores de exteriores, dos opciones de transmisión y cuatro tipos de fundas para las llantas. ¿Cuántas combinaciones del automóvil puede realizar el productor? ¿Qué puede hacerse para reducir el número de combinaciones sin restringir las elecciones del cliente?

Bibliografía

- Bagla, Gunjan y Atul Goel. "Innovation from India: The Next Big Wave". *Business Week Online*, 12 de febrero de 2009, p. 23.
- Barry, David. "Perfecting the DFM Process". *Printed Circuit Design* 18, núm. 7 (julio de 2001), pp. 14-17.
- Ciferri, Luca. "Bangle Shares Some BMW Design Secrets". *Automotive News Europe* 11, núm. 13 (junio de 2006), p. 18.
- Clark, Kim B. y Takahiro Fujimoto. *Product Development Performance*. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- Eldin, Neil. "A Promising Planning Tool: Quality Function Deployment". *Cost Engineering* 44, núm. 3 (marzo de 2002), pp. 28-39.
- Flynn, Barbara, E. James Flynn, Susan Amundson y Roger G. Schroeder. "Team Characteristics as Enablers of Fast Product Development Speed". *Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams*, Greenwich, Conn.: JAI Press, 6 (2000).
- Gottfredson, Mark y Keith Aspinall. "Innovation vs. Complexity". *Harvard Business Review* 83, núm. 11 (noviembre de 2005), pp. 62-71.
- Hauser, John R. y Don Clausing. "The House of Quality". *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1988, pp. 63-73.
- Lane Davis, Kristin. "Finding Value in the Value Engineering Process". *Cost Engineering* 46, núm. 12 (diciembre de 2004), pp. 24-28.
- Leonard-Barton, Dorothy. *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press, 1998.
- Lerner, Ivan y Joseph Chang. "New Products to Drive GE Plastics". *ICIS Chemical Business Americas* 270, núm. 12 (octubre de 2006), p. 10.
- Mallick, Debashis y Roger G. Schroeder. "An Integrated Framework for Measuring Product Development Performance in High Technology". *Production and Operations Management* 14, núm. 2 (2005), pp. 142-158.
- Muller, Joann y Andy Stone. "Jump Start". *Forbes*, 181 (7 de abril de 2008), pp. 68-70.
- Ogawa, Susumu y Frank Piller. "Reducing the Risks of New Product Development". *Sloan Management Review* 47, núm. 2 (invierno de 2006), pp. 65-71.
- Olson, Eric M., Orville C. Walker Jr., Robert W. Ruekert y Joseph M. Bonner. "Patterns of Cooperation during New Product Development among Marketing, Operations and R&D". *Journal of Product Innovation Management* 18, núm. 4 (julio de 2001), pp. 258-271.
- Ragatz, Gary L., Robert B. Handfield y Kenneth J. Petersen. "Benefits Associated with Supplier Integration into New Product Development under Conditions of Technology Uncertainty". *Journal of Business Research* 55, núm. 5 (mayo de 2002), pp. 389-400.
- Sawhney, Mohanbir. "Don't Just Relate—Collaborate". *Sloan Management Review*. 43, núm. 3 (primavera de 2002), p. 96.
- Sturgeon, Timothy J. "Modular Production Networks: A New American Model of Industrial Organization". *Industrial & Corporate Change* 11, núm. 3 (junio de 2002), pp. 451-496.



Parte dos

Diseño del proceso

4. Selección del proceso
5. Diseño del proceso del servicio
6. Análisis del flujo del proceso
7. Filosofía de la producción esbelta y sistemas esbeltos

Entre las decisiones más importantes que los administradores de operaciones toman están aquellas que se relacionan con el diseño y el mejoramiento de los procesos para la producción de bienes y servicios. Tales decisiones incluyen la elección del proceso y de la tecnología, el análisis de los flujos a través de las operaciones y el valor asociado que se añade en las operaciones. Estos temas dan fundamento y unifican la parte dos: primero, la idea de diseñar y mejorar un proceso para optimizar los flujos de materiales, los clientes y la información; segundo: la idea de eliminar el desperdicio en el diseño del proceso. Estos principios pueden emplearse para diseñar y administrar un proceso que no sólo sea eficiente sino que proporcione valor para los clientes.



Capítulo 4



Selección del proceso

Presentación del capítulo

- 4.1 Características del flujo del producto
- 4.2 Enfoques para el cumplimiento de la orden
- 4.3 Decisiones de selección de procesos
- 4.4 Estrategia del producto-proceso
- 4.5 Operaciones enfocadas
- 4.6 Personalización en masa
- 4.7 Responsabilidades ambientales
- 4.8 Toma de decisiones interfuncional
- 4.9 Aspectos y términos clave

Usted decida

Ejercicios por internet

Preguntas de análisis

Bibliografía

Las decisiones de selección de procesos determinan el tipo de proceso utilizado para la elaboración de un producto o servicio; por ejemplo, los automóviles se fabrican con un tipo de proceso de líneas de ensamble, la elaboración del vino consiste en un tipo de proceso por lotes y el taller de un sastre es un tipo de proceso de taller de órdenes. Las consideraciones que se requieren para la selección de un proceso incluyen el volumen del producto y si éste es estandarizado o personalizado. Por lo general, los productos estandarizados sujetos a un alto volumen se fabricarán en una línea de ensamble y los personalizados sujetos a un bajo volumen se elaborarán con un proceso de lotes o de talleres de trabajos.



Las decisiones de selección de un proceso son de carácter estratégico; requieren una perspectiva a largo plazo y una gran cantidad de coordinación interfuncional, ya que los aspectos de mercadotecnia, finanzas, recursos humanos y operaciones son afectados por estas decisiones. Las decisiones de selección de procesos tienden a hacer un uso intensivo del capital y no pueden cambiarse con facilidad; por lo tanto, la empresa está comprometida con la selección de un proceso y quedará vinculada a esas decisiones durante muchos años.

Este capítulo describe los diversos tipos de procesos que pueden seleccionarse y las situaciones correspondientes cuando se prefiere un proceso u otro. Se proporcionan dos tipos principales de clasificaciones. Una es en función del flujo del producto, incluyendo un flujo continuo, una línea de ensamble, un lote, un taller de trabajos y un proyecto. La segunda es en función del tipo de cumplimiento de la orden: el hecho de si el producto se elabora de conformidad con una orden, si se ensambla de conformidad con una orden o si se elabora para almacenarlo.

Después de estudiar los tipos de procesos y el cumplimiento de la orden, expondremos las operaciones enfocadas y la personalización en masa como alternativas de un proceso;

asimismo, explicaremos las responsabilidades ambientales y el papel prominente que la selección del proceso desempeña al determinar el impacto de una organización sobre su medio natural. Al final de este capítulo, consideramos la naturaleza interfuncional de la selección de procesos. En esencia, este capítulo se concentra en los procesos de manufactura; el siguiente abordará con detalle los procesos de los servicios.

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO DEL PRODUCTO

Existen cinco tipos de flujos de productos: proceso continuo, línea de ensamble, lote, taller de trabajo y proyectos. En la manufactura, el flujo del producto es el mismo que el de materiales, pues ambos están procesando el producto. En los servicios, puede no haber un flujo de producto, pero sí un flujo de clientes, materiales o información.

Procesos continuos

La **producción continua** se refiere a las industrias de procesos como el azúcar, el papel, el petróleo y la electricidad; aquí, la producción se realiza de manera continua y tiende a estar altamente estandarizada con volúmenes de producción muy grandes. Con frecuencia, los productos que resultan de flujos continuos son líquidos o semisólidos que pueden bombearse o que fluyen de una operación a otra; por ejemplo, una refinería consta de kilómetros de tuberías, tanques y columnas de destilación a través de las cuales pasa el petróleo crudo y se refina hasta convertirse en gasolina, diesel, aceite, lubricantes y muchos otros productos.

La producción continua tiende a elaborar productos que son no diferenciados o insumos industriales, como materias primas; ya que es difícil diferenciar el producto, el costo bajo se convierte en el factor decisivo de la decisión de compra, de modo que manufactura pueda competir en mercados que son muy sensibles al precio. Así, la producción continua suele estar altamente automatizada, operar a toda su capacidad y minimizar los inventarios y los costos de distribución para reducir el costo total de manufactura. Aunque el costo por unidad de producción es bajo, en los procesos continuos la flexibilidad para cambiar la mezcla de productos o el tipo de productos es muy limitada.

Líneas de ensamble

Un flujo que se basa en una **línea de ensamble** se caracteriza por una secuencia lineal de las operaciones. El producto se desplaza de un paso al siguiente en forma secuencial desde el principio hasta el final. A diferencia de los procesos continuos, en los cuales los productos son líquidos o semisólidos, las líneas de ensamble elaboran productos discretos como automóviles, refrigeradores, computadoras, impresoras y una variedad muy extensa de productos de consumo que se fabrican en masa. Los productos se desplazan de una operación a la siguiente, casi siempre a través de un sistema de bandas transportadoras.

La figura 4.1 ilustra la manera en la que se usa un proceso de una línea de ensamble para elaborar un soporte de metal. El primer paso en la producción consiste en cortar una pieza rectangular de metal con la forma requerida para el soporte. En la segunda estación de trabajo, se perforan dos orificios en la pieza de metal. Después, el soporte se dobla con un ángulo de 90 grados y, por último, se pinta. Observe el modo en el que las estaciones de trabajo se colocan en la secuencia necesaria adecuada con el fin de que el producto se desplace de un extremo de la línea de ensamble al otro.

Al igual que los procesos de producción continuos, las operaciones tradicionales de las líneas de ensamble son muy eficientes, pero también son muy inflexibles. La operación de la línea de ensamble requiere de productos de alto volumen y que sean estandarizados. Al mismo tiempo, esto hace difícil efectuar cambios en el producto mismo o en el volumen del flujo, dando como resultado una inflexibilidad en las operaciones; por ejemplo, se requieren varias semanas para modificar una línea de ensamble de automóviles para un nuevo modelo. Además, la línea funciona a una velocidad constante y, por lo tanto, el volumen sólo puede alterarse variando el número de horas que la planta trabaja.

La mayoría de los procesos de manufactura de automóviles son líneas de ensamble.



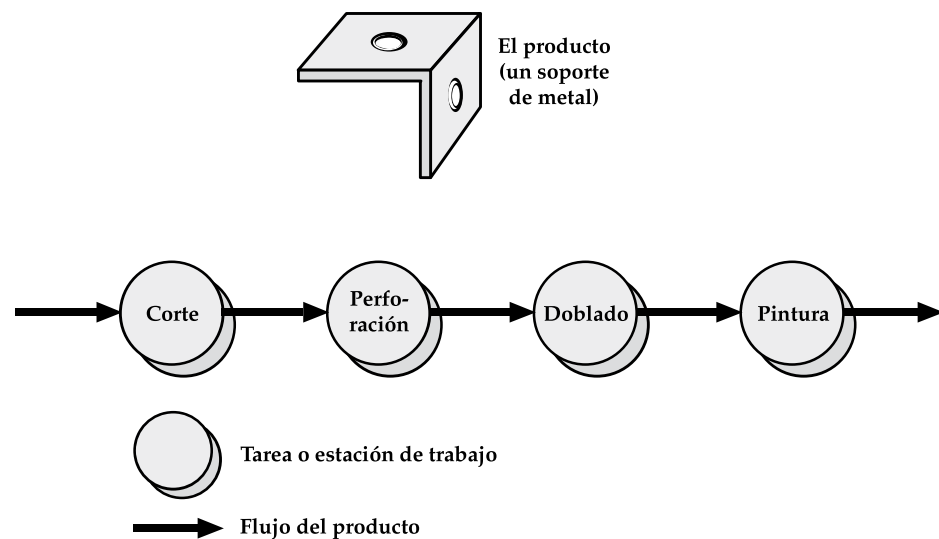
Las operaciones de las líneas de ensamble pueden justificarse sólo en ciertas situaciones. Por lo general, requieren una fuerte inversión de capital y deben tener un alto volumen para justificarla; por ejemplo, una planta moderna que fabrica obleas semiconductoras tiene un costo de más de 2 000 millones de dólares como inversión inicial, y una planta de ensamble de automóviles posee un costo de cerca de 1 000 millones de dólares. Una planta de ensamble de vehículos completa la producción de un auto cada minuto; esto es, cerca de 350 000 automóviles al año si se opera a dos turnos. Debido al significativo monto de capital que necesita, el área de finanzas se ocupa de la elección de un proceso en línea y trabaja estrechamente con la de operaciones para hacer esas inversiones. Además, mercadotecnia debe interesarse en el atractivo de la producción en masa y en el alto volumen de productos resultante.

Flujo en lotes

El flujo en **lotes** se caracteriza por la elaboración del producto en lotes o paquetes; cada lote del producto viaja en forma conjunta de una operación o centro de trabajo a otro. Un centro de trabajo es un grupo de máquinas o procesos similares que se usan para elaborar el producto.

FIGURA 4.1

Flujo de la línea de ensamble.



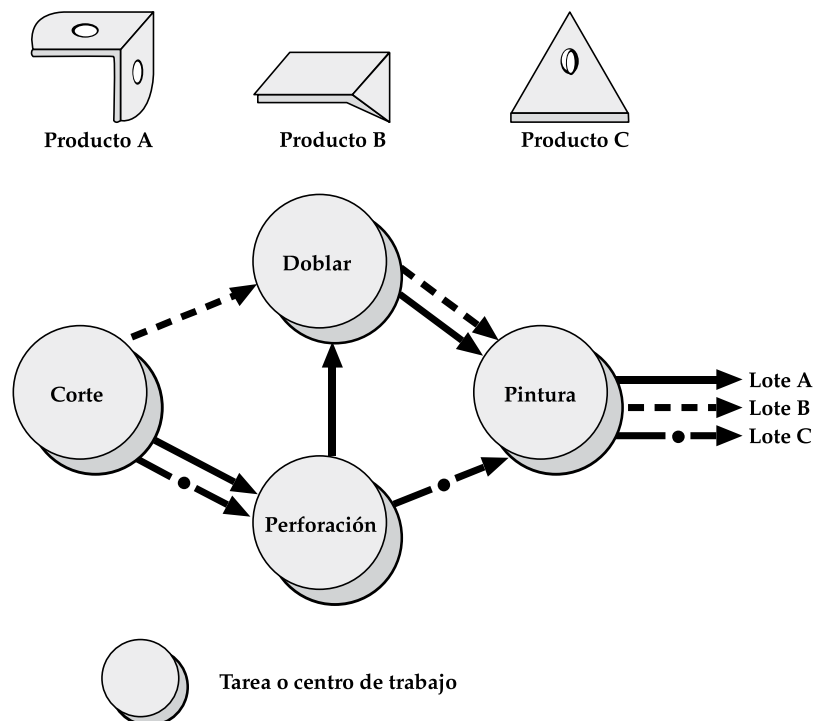
La figura 4.2 muestra diversos soportes de bajo volumen que se elaboran con un proceso en lotes. En este sencillo ejemplo, tres soportes con formas distintas —A, B y C— fluyen a través de los cuatro centros de trabajo. Observe la manera en la que el soporte A requiere de un trabajo en los cuatro centros; el soporte B sólo necesita el corte, el doblado y la pintura y, el soporte C, el corte, la perforación y la pintura. Una característica de una operación en lotes es que puede emplearse para elaborar muchos tipos distintos de productos y, por lo tanto, es común que haya una mayor variedad que en una línea de ensamble. Cada uno de estos productos puede tener una ruta diferente de flujo y algunos incluso se saltan ciertos centros de trabajo. Como resultado, el flujo es discontinuo e intermitente.

A menudo, las operaciones en lote usan un **equipo de propósitos generales** no especializado para la elaboración de un producto en particular, lo cual aporta flexibilidad. La mano de obra es más calificada y dócil en cuanto a su capacidad para fabricar diversos artículos. Así, una operación en lotes se configura con mano de obra y equipo más flexible que un proceso de una línea de ensamble. Los tamaños de los lotes pueden ser muy variables en lo referente a magnitud: desde cientos hasta una sola unidad; por ende, los procesos en lotes pueden configurarse para el manejo de órdenes sujetas a un bajo volumen.

El **flujo discontinuo** de una operación en lote trae como consecuencia una programación considerable de la producción y desafíos de inventarios. Por lo regular, cuando se carga casi a toda su capacidad, la operación en lotes tendrá altos inventarios a medida que los trabajos esperan en línea para ser procesados. La utilización de un alto nivel de capacidad provoca interferencias en los trabajos entre las distintas tareas a medida que esperan la mano de obra o un equipo que está asignado a otro trabajo en ese momento, con la consecuente pérdida de eficiencia en la operación de un lote.

Una operación en lote emplea lo que se conoce como **distribución física del proceso** porque las máquinas y la mano de obra se organizan por tipos de procesos en centros de trabajo; en contraste, el proceso de la línea de ensamble utiliza una **distribución física del producto** ya que las máquinas y la mano de obra se disponen de acuerdo con el flujo mismo del producto. Un ejemplo de la distribución física de un proceso es una escuela de educación media superior en donde los salones de clases se distribuyen con base en las

FIGURA 4.2
Flujo en lotes (soportes de metal).



materias (o procesos) como inglés, matemáticas y química. Los estudiantes fluyen a través de las instalaciones físicas en lotes (grupos), pasando de un proceso al siguiente.

Las operaciones en lotes se usan cuando el volumen no es alto o cuando existen muchos productos diferentes; en este caso, la operación en lote es la más económica e incurre en el riesgo más bajo. Algunos ejemplos de productos fabricados en operaciones en lotes son los muebles, los barcos, las vajillas y otros artículos con una alta variedad y con volúmenes de bajos a moderados; por ejemplo, la elaboración de muebles implica muchos estilos y opciones. Los sofás son ordenados por los clientes y también se ordenan con fines de almacenarse en un inventario; cada sofá puede tener una tela diferente y poseer distintas características en los brazos o respaldos o diversas longitudes. En consecuencia, existe un extraordinario número de variaciones que se hacen a lo largo del proceso de un lote pequeño o que se realizan, incluso, una a la vez.

Talleres de trabajo

Los **talleres de trabajo** elaboran productos de acuerdo con las órdenes de los clientes mediante el uso de una distribución física del proceso. Por lo tanto, consideramos que los talleres de trabajo son un caso especial de los procesos en lote. En un taller de trabajo, el producto se fabrica en lotes, casi siempre en pequeñas cantidades, pero debe hacerse de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Al igual que en el proceso en lotes, un taller de trabajo usa un equipo para propósitos generales y tiene un flujo discontinuo; cuenta con alta flexibilidad en la mezcla de productos y el volumen de producción, pero los costos son, de ordinario, más altos debido a que el volumen y la estandarización son bajos. Los productos que se elaboran en un taller de trabajo incluyen partes de plástico, componentes de máquinas, partes electrónicas y partes de hojas de metal que se fabrican de acuerdo con especificaciones.

Proyectos

En el contexto de las operaciones, la forma de **proyectos** se aplica para productos únicos o creativos. Algunos ejemplos de proyectos son los conciertos, la construcción de edificios y la producción de aviones grandes. Técnicamente, el producto no fluye en un proyecto ya que los materiales y la mano de obra se trasladan a él, siendo éste estacionario. Los proyectos se caracterizan por una planeación difícil y por problemas de programación, pues el producto puede no haber sido elaborado antes. Además, resulta complicado automatizarlos, aunque puede emplearse un equipo para propósitos generales. La mano de obra debe ser altamente calificada ya que la naturaleza del producto o servicio que se elabora es única.

En la forma de proyectos de las operaciones, cada unidad se produce de modo individual y es diferente de las demás unidades. Los proyectos se utilizan cuando el cliente desea personalización y cualidades únicas. Por lo regular, el costo de producción es alto y, algunas veces, es problemático controlarlo. Éste es el caso porque el proyecto puede ser difícil de definir en todos sus detalles y, durante el curso de la producción, puede requerirse una innovación.

Boeing fabrica aviones grandes con un proceso por proyectos. Cada avión se ensambla en un sitio fijo dentro de la fábrica con materiales y mano de obra que son trasladados a ese lugar. Se realiza un programa complejo que debe equilibrar el trabajo a través de todos los aviones distintos que se están produciendo. Las tareas y recursos deben secuenciarse y programarse con miras a satisfacer las fechas de entrega solicitadas de los aviones individuales. La industria de la construcción emplea proyectos para levantar edificios, carreteras y presas y la de servicios maneja los proyectos para eventos de obtención de fondos, campañas políticas, conciertos y ferias artísticas.

Exposición de los tipos de procesos

Las características de los cinco procesos que hemos explicado —continuos, líneas de ensamble, lotes, talleres de trabajos y proyectos— se resumen en la tabla 4.1 en la cual se hacen comparaciones directas entre ellos. Observe que las operaciones continuas y de líneas

TABLA 4.1
Características del
proceso

Características	Continuo y líneas de ensamble	Lote y talleres de trabajo	Proyecto
Producto			
Tipo de orden	Continuo o lote grande	Lote	Una sola unidad
Flujo del producto	Secuenciado	Discontinuo	Ninguno
Variedad del producto	Baja	Alta	Muy alta
Tipo de mercado	En masa	Personalizado	Único
Volumen	Alto	Mediano a bajo	Una sola unidad
Mano de obra			
Habilidades	Bajo	Alto	Alto
Tipo de tarea	Repetitivo	No rutinario	No rutinario
Remuneración	Mediana	Alta	Alta
Capital			
Inversión	Alta	Mediana	Mediana
Inventario	Bajo	Alto	Pequeño
Equipo	Para propósitos especiales	Para propósitos generales	Para propósitos generales
Objetivos			
Flexibilidad	Baja	Mediana	Alta
Costo	Bajo	Medio	Alto
Calidad	Conformidad	Conformidad	Conformidad
Entrega	Puntual	Puntual	Puntual

de ensamble poseen una mano de obra relativamente poco calificada y una alta automatización, mientras que las operaciones de lotes, de talleres de trabajo y de proyectos son lo opuesto; asimismo, los objetivos y las características del producto se ubican en extremos opuestos.

Una forma de medir la eficiencia de un proceso es la **razón de ingreso** (*TR, throughput ratio*):

$$TR = \frac{\text{Tiempo total de procesamiento para el trabajo}}{\text{Tiempo total en las operaciones}} \times 100\%$$

En el numerador de la razón de ingreso, está el tiempo total de procesamiento para el trabajo el cual sólo incluye el periodo que ese trabajo pasa realmente siendo procesado por las máquinas o la mano de obra, con exclusión de cualquier tiempo de espera entre las operaciones. El denominador incluye el tiempo total que el trabajo pasa en las operaciones, abarcando tanto el de procesamiento como el de espera. La mayoría de las operaciones por lotes y por talleres de trabajo tienen razones de ingreso de 10 o 20% y rara vez más altas de 40%. Ello significa que un trabajo común transcurre la mayor parte de su tiempo esperando ser procesado en relación con el tiempo real de procesamiento. En contraste, los procesos continuos y de líneas de ensamble cuentan con razones de rendimiento específico de 90 a 100%. La razón de ingreso representa la proporción de tiempo en las operaciones durante la cual realmente se añade valor al trabajo.

En este momento, algunos ejemplos provenientes de la industria de la construcción para fines habitacionales pueden ayudar a consolidar algunas de las alternativas de los procesos. En un extremo de la línea continua se encuentra el proyecto: la casa construida con base en especificaciones personales. Un arquitecto puede trazar un solo plano para dicha casa o pueden modificarse planos existentes para cada casa que se construya. Ya que la construcción de la casa es personalizada, por lo regular, la planeación, la secuenciación y el control de diversas actividades de construcción se vuelven los principales desafíos. El cliente está altamente involucrado en todas las etapas de la construcción y, en algunas ocasiones, los planos se modifican mientras la casa se está construyendo. El proceso hace un uso intensivo de la mano de obra, requiere de mucho tiempo y es costoso, pero es

muy flexible. Se emplea un equipo para propósitos generales con el fin de completar el trabajo.

El proceso en lotes de casas similares se caracteriza por la producción en grupos. En este caso, el cliente puede seleccionar una de varias casas estándar con algunas opciones menores para aspectos como colores, enseres y alfombras. La compañía puede comprar



La construcción de una casa puede completarse utilizando varios tipos de procesos.

materiales en lotes grandes y utilizar un equipo especializado o guías mecánicas para acelerar la construcción. Al sitio de la construcción, se lleva una cuadrilla que esté muy familiarizada con el tipo de casa que se está construyendo y la totalidad de la estructura —excepto los toques finales— pueden terminarse en sólo algunos meses. Casi siempre, la casa que resulta es menos costosa por metro cuadrado que una que implique un proyecto construido en función de especificaciones personales, pero existe menos flexibilidad en las operaciones.

El método de líneas de ensamble para la producción de casas se identifica por operaciones modulares o de fábrica. Las casas estándar se producen en secciones, en una fábrica, con una mano de obra relativamente barata. Se procura evitar el uso de plomeros, carpinteros y electricistas costosos mediante la instalación de sistemas completos de electricidad y

de plomería en la fábrica; en esta última, se emplea un equipo para propósitos especiales para reducir aún más los costos. Después de construirse en la línea de ensamble, las secciones de la casa se llevan al sitio de construcción y se erigen en unos días, con el uso de una grúa. Dichas casas modulares son, de ordinario, las menos costosas de todas y proporcionan la menor flexibilidad en cuanto a elecciones del cliente.

Como es obvio, una compañía se enfrenta a una decisión estratégica mayor al elegir el tipo de proceso que deberá aplicar para la construcción de casas. Pueden usarse estos tres enfoques, pero debe tenerse cuidado de separar los procesos debido a sus distintas necesidades de mano de obra, administración y capital. Si se pretende ofrecer los tres tipos de casas, la empresa puede formar una división separada para cada tipo de proceso porque cada uno posee diferentes requerimientos de mano de obra, equipo y administración.

4.2 ENFOQUES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA ORDEN

Otra decisión fundamental para las operaciones es la manera en la que las órdenes de los clientes se abastecen: ya sea que el producto deba elaborarse de acuerdo con las especificaciones de una orden, ensamblarse de conformidad con las especificaciones de una orden o que se produzca para almacenarse en un inventario. Existen ventajas y desventajas para cada una de estas situaciones. Un proceso de **producción para almacenamiento** (MTS, *make-to-stock*) puede brindar un servicio más rápido a los clientes por medio de la entrega de órdenes que estén disponibles en el inventario y a costos más bajos que un proceso de **producción a la orden** (MTO, *make-to-order*). Pero el proceso de producción a la orden entraña una flexibilidad más alta para la personalización del producto. Un proceso de ensamblado a la orden (ATO, *assemble-to-order*) es como un híbrido de éstos y hace posible un servicio relativamente rápido para los consumidores porque existe un trabajo limitado que debe completarse una vez que se reciba la orden del cliente; también es flexible, ya que el cliente puede especificar algunos tipos de personalización.

En el proceso de producción a la orden, pueden identificarse durante la producción las órdenes individuales: como todas las órdenes se hacen de acuerdo con las especificaciones de los clientes, todos los trabajos del proceso están asociados con un cliente en particular. En contraste, el proceso de producción para almacenamiento estriba en la formación de productos para un inventario y los trabajos del proceso no están vinculados con algún cliente en concreto; por lo tanto, siempre es posible identificar un proceso de producción a

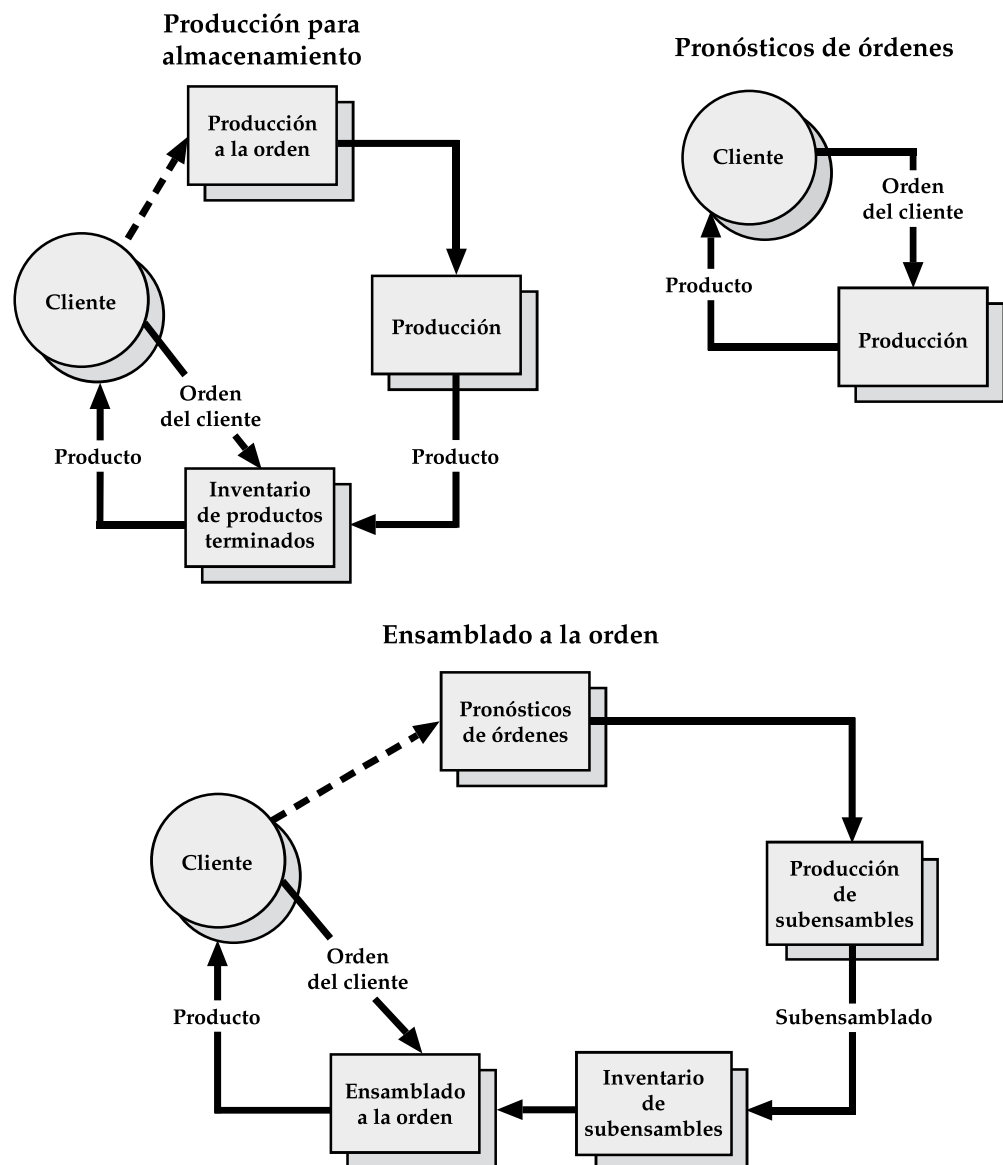
la orden o un proceso de producción para almacenamiento con sólo contemplar los trabajos de producción.

En el proceso de producción a la orden, el ciclo de producción y el cumplimiento de la orden empiezan con la orden del cliente. Después de que se ha recibido la orden, debe completarse el diseño, si no se ha hecho ya, y deben solicitarse los materiales que no están disponibles u ordenados. Una vez que los materiales comienzan a llegar, la orden puede procesarse a medida que se añaden materiales y mano de obra hasta que se complete. Posteriormente, la orden se entrega al cliente. El ciclo se completa en cuanto éste paga su pedido.

Las medidas clave de desempeño de un proceso de producción a la orden son los plazos que se necesitan para diseñar, elaborar y entregar el producto; a menudo, ello se denomina **plazo de entrega**. Otra medida del desempeño en un ambiente de producción a la orden es el porcentaje de pedidos que se terminan a tiempo, el cual puede basarse en la fecha de entrega que el cliente haya solicitado originalmente o la que se le haya prometido. Desde luego, la fecha solicitada por el consumidor aporta un criterio más estricto.

En contraste, el proceso de producción para almacenamiento cuenta con una línea estándar de productos especificada por el fabricante y no por el cliente (vea figura 4.3). Los

FIGURA 4.3
Comparación de la producción para almacenamiento, producción a la orden y ensamblado a la orden.



productos se llevan al inventario para satisfacer de inmediato la demanda de los clientes. Todos los aspectos de las operaciones se relacionan con la producción de inventarios en forma anticipada a la demanda real para tener los productos adecuados en el inventario cuando el cliente lo demande. Las tareas críticas de la administración son la preparación de pronósticos, la administración de los inventarios y la planeación de la producción.

El proceso de producción para almacenamiento inicia cuando el productor especifica y elabora el producto. Entonces, el cliente solicita un producto del inventario; si éste está disponible, se le entrega. Si no lo está, se coloca una **orden en espera** o la orden puede resultar como un pedido perdido para la empresa. Una orden en espera le permite a la compañía abastecer el pedido en una fecha futura, pero requiere que el cliente espere la orden. En última instancia, una vez que se recibe la orden, el consumidor paga el producto y el ciclo se completa.

Como se hizo notar, en un proceso de producción para almacenamiento, las órdenes no pueden identificarse durante la producción. El ciclo de producción se opera para reabastecer el inventario. Las órdenes de los clientes obedecen un ciclo de retiro del inventario completamente separado. Lo que se está produciendo en cualquier punto en el tiempo puede guardar poca similitud con lo que se está ordenando. Producción está ajustada a órdenes futuras y al reabastecimiento del inventario.

Las medidas de desempeño para un proceso de producción para almacenamiento incluyen el porcentaje de órdenes abastecidas a partir del inventario; esto se llama **tasa de nivel de servicio** o de abastecimiento y, por lo general, se fija como una meta en el ámbito de 90 a 99%. Otras medidas son el plazo de tiempo que se necesita para reabastecer el inventario, la rotación del inventario, la utilización de la capacidad y el tiempo que se requiere para satisfacer una orden en espera. El objetivo de un proceso de producción para almacenamiento es cubrir el nivel de servicio deseado a un costo mínimo.

El proceso de producción para almacenamiento se centra en el reabastecimiento del inventario con el cumplimiento de los pedidos a partir del inventario, mientras que el proceso de producción a la orden lo hace en las órdenes de los clientes. Un proceso de producción a la orden puede otorgar niveles más altos de variedad de productos y mayor flexibilidad. Las medidas de desempeño de ambos procesos son completamente distintas. El proceso de producción para almacenamiento se mide por el nivel de servicio y la eficiencia en el reabastecimiento del inventario; el proceso de producción a la orden se evalúa a través del tiempo de respuesta para los clientes y la eficiencia en el cumplimiento de sus órdenes (vea tabla 4.2).

Los procesos de **ensamblado a la orden** representan un punto intermedio entre la producción a la orden y la producción para almacenamiento. Los subensambles se elaboran para su almacenamiento, pero el ensamble final se fabrica a la orden. El proceso de ensamblado a la orden construye subensambles en forma anticipada a la demanda. Cuando se recibe la orden del cliente, los subensambles se toman del inventario y, luego, se ensamblan para satisfacer la orden del cliente. La figura 4.3 muestra cómo se construyen los subensambles en función de un pronóstico y cómo se colocan en el inventario. El producto debe diseñarse de una manera modular para que se use el ensamblado a la orden. El cuadro de

TABLA 4.2
Producción para almacenamiento *versus* producción a la orden

Características	Producción para almacenamiento	Producción a la orden
Producto	Especificado por el productor Baja variedad Barato	Especificado por el cliente Alta variedad Caro
Objetivos	Equilibrio del inventario, la capacidad y el servicio	Administración de los plazos para la entrega y la capacidad
Principales problemas de las operaciones	Preparación de pronósticos Planeación de la producción Control del inventario	Promesas de entrega Tiempo para la entrega

Liderazgo operativo describe el modo en el que Subway emplea una combinación de los procesos de producción para almacenamiento y ensamblado a la orden.

Muchas operaciones se están desplazando hacia los procesos de ensamblado a la orden y producción a la orden para productos estandarizados, siempre que es posible, a través de la reducción de los plazos de entrega. Si un producto estándar puede elaborarse rápidamente, no requiere colocarse en un inventario de productos terminados; en lugar de ello, puede fabricarse o ensamblarse de forma rápida cuando el cliente lo ordena; por ejemplo, Allen Bradley puede construir y embarcar una unidad de arranque de motor en más de 300 configuraciones distintas en un día a partir de la fecha en la que se ordena. Este producto, el cual anteriormente se fabricaba como una producción para almacenamiento, ahora puede ensamblarse a la orden con importantes ahorros en inventarios y un mejoramiento del servicio al cliente. Allen Bradley ensambla el producto con una línea de ensamble rápida y flexible.

Un ejemplo de los tres tipos de procesos se relaciona con la producción de anillos de diamantes en la industria de la joyería. Se utiliza un proceso de producción para almacenamiento para los anillos que se llevan en un inventario de productos terminados en la joyería; en este caso, el cliente compra uno de los anillos en el inventario. Se maneja un proceso de ensamblado a la orden cuando el consumidor elige la piedra y, posteriormente, hace una selección separada del arreglo del anillo en el inventario. Entonces, el joyero ensambla los componentes del anillo en un proceso de ensamblado a la orden. Este último puede ejemplificarse con los joyeros que hacen arreglos personalizados de acuerdo con el diseño de los clientes; el arreglo y la piedra se acoplan para hacer un anillo único.

El tipo de orden del cliente, sea ésta de producción para almacenamiento, producción a la orden o ensamblado a la orden, determina el **punto de penetración de la orden** en la cadena de suministro donde el producto está vinculado con una orden específica del cliente.¹ Existen cuatro posibilidades para la ubicación del punto de penetración de la orden,

¹ En ocasiones, también se le denomina punto de desacoplamiento de la orden del cliente.

Liderazgo operativo Subway utiliza un proceso de ensamblado a la orden

Existen más de 30 000 restaurantes Subway en 88 países alrededor del mundo. La manera en la que producen y sirven alimentos es un ejemplo de la forma en la que una empresa usa un proceso de ensamblado a la orden.

Algunos ingredientes de los sándwiches, como el pan, las albóndigas y los aderezos se producen para su almacenamiento. Éstos se elaboran ya sea en los restaurantes Subway individuales o a través de proveedores y, después, se mantienen en el inventario en los restaurantes. Se emplean procesos de lotes para fabricar estos productos del modo más eficiente posible asegurando, al mismo tiempo, que se cumplan las normas de calidad.

Cuando un cliente va a un restaurante para ordenar un sándwich, se aplica un proceso de ensamblado a la orden.

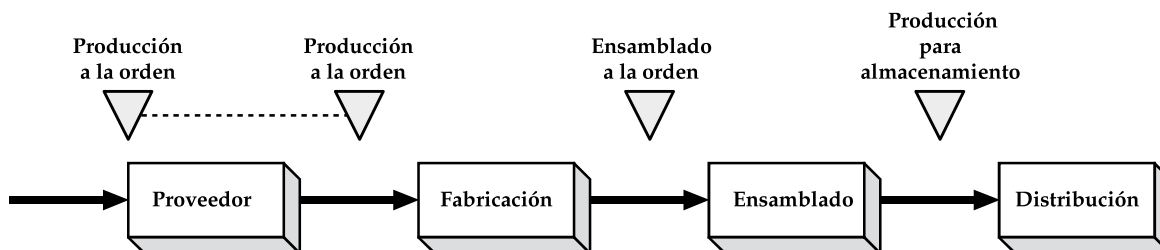


El consumidor especifica el tipo de pan que deberá usarse, así como cada uno de los ingredientes del sándwich, cada uno puede personalizarse para satisfacer con exactitud las preferencias del cliente. Ésta es la ventaja de un proceso de ensamblado a la orden.

El empleo de procesos, tanto de producción para almacenamiento como de ensamblado a la orden, garantiza que Subway opere de una manera tan eficiente

como eficaz. Algunos alimentos se producen en lotes, pero el producto final, el sándwich que el cliente recibe, se produce uno a la vez.

Fuente: Consultado en www.subway.com, 2009.

FIGURA 4.4 Punto de penetración de la orden.

como se muestra en la figura 4.4. En las operaciones de producción para almacenamiento, el punto se ubica después de que se completa el ensamble final; por lo tanto, el cliente sólo puede seleccionar el producto a partir de lo que está disponible en el inventario. En el ensamblado a la orden, el punto de penetración de la orden ocurre tras la fabricación y antes del ensamble final. Ya que el producto se ensambla luego de que se coloca la orden, el cliente puede especificar alguna personalización en términos de los módulos que seleccione. En las operaciones de producción a la orden, el punto de penetración de la orden ocurre antes de la fabricación o antes de ordenar materiales al proveedor en aquellos casos en los que se necesitan materiales o componentes únicos. En la producción a la orden, son posibles muchos tipos de personalización, pero el plazo de entrega para el cliente puede ser más prolongado y el producto es, casi siempre, más costoso.

4.3 DECISIONES DE SELECCIÓN DE PROCESOS

Hemos estado exponiendo dos dimensiones que pueden utilizarse para la clasificación del proceso: el flujo del producto y los enfoques para el cumplimiento de la orden. Estas dimensiones se emplean para construir la matriz de seis celdas que se presenta en la tabla 4.3, la cual contiene las seis combinaciones que se usan en la práctica. Una sola empresa puede aplicar combinaciones múltiples, dependiendo de los productos y de los volúmenes requeridos por el mercado; no obstante, si se utiliza más de un proceso en una sola localidad, puede manejarse el concepto de una planta dentro de una planta para mantener el enfoque, como se describe posteriormente en este capítulo.

Las seis combinaciones se hallan en la industria. Aunque es común que una operación por línea de ensamble use una producción para almacenamiento, también puede emplear un ensamblado a la orden; por ejemplo, se utiliza una línea de ensamble de automóviles para producir una gran variedad de opciones de vehículos para clientes particulares, así como vehículos que se fabriquen para los inventarios de los distribuidores. De igual modo, con frecuencia se recurre a una forma de proceso que se basa en proyectos para la producción a la orden; sin embargo, una compañía constructora puede construir algunas casas con propósitos especulativos, a manera de reserva, para venderlas después.

Asimismo, observe que las seis combinaciones se aplican a las operaciones de servicios. Las operaciones puras de servicios se producen sólo por una orden del cliente, pero puede proporcionarse un servicio facilitando bienes fabricados para su almacenamiento; por ejemplo, en McDonald's, algunos alimentos se elaboran para almacenarse, como las papas a la francesa, mientras que el cumplimiento de la orden del cliente se basa en una producción a la orden y en un ensamblado a la orden.

Para explicar la decisión de la selección del proceso, empezaremos con un ejemplo y haremos inferencias a partir de ahí. Consideremos a la compañía contratista que se mencionó en la sección 4.1, la cual puede optar por construir casas con un proceso basado en proyectos, en lotes o en líneas de ensamble. Con cualquiera de éstos, la empresa también puede optar por hacer las casas para almacenarlas o a la orden del cliente. ¿Cuáles son, entonces, los factores que deben tomarse en cuenta al hacer esta elección?

TABLA 4.3
Matriz de las características del proceso

	Producción para almacenamiento	Producción a la orden/ensamblado a la orden
Continuo y línea de ensamble	Ensamble de automóviles Refinamiento de petróleo Enlatados Cafetería	Ensamble de automóviles Computadoras Dell Localizadores Motorola Comida rápida
Lotes y talleres de trabajo	Taller de maquinados Vinos Fábrica de cristalería Joyería personalizada	Taller de maquinados Restaurante Hospital Joyería personalizada
Proyecto	Construcción de unidades habitacionales Pintura comercial Arte no comisionado	Edificios Películas Barcos



Primero, la compañía debe considerar las condiciones del mercado. El enfoque de línea de ensamble requiere un mercado en masa interesado en casas económicas; el proceso en lotes demanda un mercado de menor volumen para casas de precio mediano y el proceso por proyectos posee un mercado interesado en casas costosas. La decisión acerca de cuál de éstos se escogerá requiere discusiones entre mercadotecnia y operaciones, las cuales serán de carácter interfuncional. Debe evaluarse la competencia en el mercado, ¿puede la compañía ingresar al mercado en el momento correcto y obtener una posición ventajosa? Ello dependerá de los planes de la competencia y de su reacción ante la elección del proceso de la empresa. Al final, el acoplamiento del proceso con el mercado será una decisión estratégica clave, como se expuso a detalle en el capítulo 2.

Segundo, la organización debe pensar en las necesidades de capital. El proceso de línea de ensamble requerirá de una gran cantidad de capital adicional en comparación con el proyecto de flujo de lotes. La línea de ensamble demanda capital para equipar la fábrica y para financiar las instalaciones parcialmente terminadas. Si éstas se construyen con fines de almacenamiento para cubrir las órdenes de los clientes en el momento en que se realicen, se necesitará más capital para financiar los inventarios de productos terminados; en contraste, la construcción de instalaciones para proyectos personalizados implica mucho menos capital, pues sólo se construirán una o algunas pocas en cualquier momento dado y no se precisa una fábrica. La función de finanzas estará íntimamente involucrada con las operaciones al tomar dichas decisiones de capital.



El tercer factor que debe evaluarse es la disponibilidad y el costo de la mano de obra. Los procesos de proyectos y de lotes implican mano de obra calificada de alto costo como plomeros, electricistas y carpinteros. El enfoque de la línea de fábrica utiliza una mano de obra relativamente barata y con poca capacitación. La sindicalización puede afectar tanto la oferta como el costo de la mano de obra. El área funcional de recursos humanos estará implicada en estas decisiones con operaciones debido a la selección del empleado, su capacitación y los aspectos de compensación involucrados.

Por último, la compañía debe pensar en el estado de la tecnología tanto para los procesos como para los productos. ¿Es posible que surjan innovaciones que hagan un proceso obsoleto antes de que se recuperen los costos? La estimación de estas condiciones es parte de la evaluación de riesgo para el proceso. Por lo común, el riesgo, en orden descendente, está dado por la línea de ensamble, los lotes y los proyectos.

En resumen, entre los procesos que se ilustran en la tabla 4.3, cuatro factores parecen influir en la selección del proceso:

1. Condiciones de mercado.
2. Necesidades de capital.
3. Mano de obra.
4. Tecnología.

4.4 ESTRATEGIA DEL PRODUCTO-PROCESO

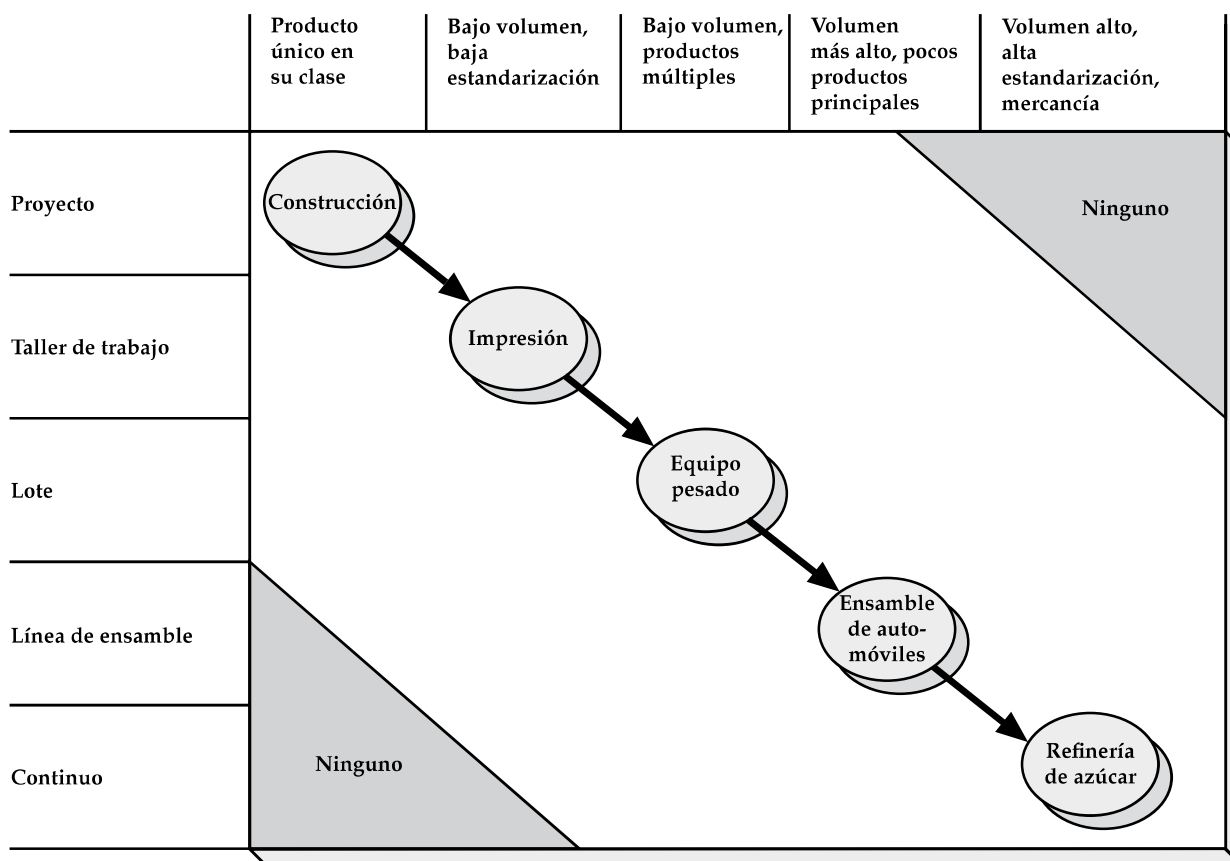
Hasta este momento, hemos estudiado las decisiones del proceso como estáticas, como si la organización tomara la decisión una vez y posteriormente aplicara los procesos seleccionados para siempre. En realidad, las decisiones del proceso son dinámicas, ya que los procesos evolucionan a través del tiempo. Además, las decisiones del proceso están íntimamente relacionadas con las del producto.

Hayes y Wheelwright (1979) propusieron una matriz producto-proceso que describe la naturaleza dinámica de las elecciones de productos y procesos (vea figura 4.5). En la dimensión del producto (horizontal) de la matriz aparece el ciclo de vida de un producto común que va de un producto único en su clase hasta uno estandarizado de alto volumen. Habitualmente, un producto evoluciona del lado izquierdo al lado derecho de la matriz.

En la dimensión del proceso (vertical) de la matriz se representan los diversos procesos, que van de un proceso por proyectos a uno continuo. El proceso tiene un ciclo de vida similar al ciclo de vida del producto y evoluciona desde un tipo de producción con un proyecto único en la parte superior de la matriz hasta un proceso continuo en la parte inferior. Muchos productos han seguido el ciclo de vida del producto y del proceso. A principios del siglo xx, los automóviles se construían en un ambiente de talleres de trabajo antes de que Henry Ford inventara una línea de ensamble móvil. Con frecuencia, los productos electrónicos se fabrican en lotes hasta que tiene el volumen suficiente para soportar un proceso de una línea de ensamble. La mayoría de los ciclos de vida de los productos no requerirán que los procesos evolucionen desde procesos por proyectos hasta continuos, sino que, por lo regular, deberán cambiar una categoría o más entre las que se mencionan en la figura 4.5.

FIGURA 4.5 Matriz producto-proceso.

Fuente: Adaptado de Hayes y Wheelwright (1979).





La mayoría de las organizaciones deben posicionarse a sí mismas en la diagonal de la matriz. Ello significa que un producto de bajo volumen con una alta variedad sería elaborado como un proyecto o a través de un taller de trabajo, pero un producto altamente estandarizado con un alto volumen se produciría por medio de una línea de ensamble o de un proceso continuo. La diagonal de la matriz representa un acoplamiento lógico entre el producto y el proceso.

La **matriz proceso-producto** señala las opciones estratégicas disponibles para las empresas en las dimensiones tanto de productos como de procesos. Con regularidad, la estrategia se representa como aquella que consiste sólo en una elección de productos, pero el proceso puede brindar una capacidad única que ayude a la empresa a competir en el mercado. Así, una posición en la matriz implica una combinación estratégica tanto del producto como del proceso. Tal tipo de posición estratégica necesita una cooperación interfuncional entre mercadotecnia y operaciones para garantizar que se hayan considerado las opciones del producto y del proceso; por ejemplo, si una compañía produce bebidas estándar con un alto volumen, desplazarse hacia un nuevo mercado que demande lotes pequeños de una alta variedad de sabores puede estar en conflicto con sus capacidades actuales de producción. La organización necesitará invertir en nuevos equipos, alterar los equipos actuales o reconsiderar si es capaz de competir en este nuevo mercado.

Muchos especialistas han estudiado la naturaleza de las opciones entre productos y procesos y han concluido que los cambios rara vez ocurren de manera simultánea. Los desplazamientos alternativos verticales y horizontales sobre la matriz son comunes; por ejemplo, la empresa puede optar por aumentar el volumen y la estandarización del producto, desplazándose horizontalmente a la derecha, y posiblemente fuera de la diagonal de la matriz; si el desplazamiento de este artículo a la derecha no va acompañado por una modificación correspondiente en el proceso, el costo unitario del producto puede ser demasiado alto y los competidores pueden explotar esto para obligar a la empresa a volverse a desplazar a su posición original en la diagonal o cambiar el proceso y a desplazarse hacia abajo de la diagonal.

Si llevamos este ejemplo un paso más, una empresa podría verse tentada a desplazarse hacia abajo de la diagonal y adelante de sus competidores y ganar, de este modo, una ventaja competitiva. Eso puede funcionar si el consumidor está listo para aceptar un producto más estandarizado y con un volumen más alto. Si el cliente prefiere una mayor personalización, la compañía puede verse forzada a volverse a desplazar hacia arriba de la diagonal para seguir siendo competitiva.

Sin embargo, todas las organizaciones de la industria no ocupan el mismo sitio en la diagonal de la matriz producto-proceso. Algunas pueden elegir permanecer en la esquina superior izquierda de la matriz; otras pueden desplazarse hacia abajo de la diagonal. Un ejemplo de este comportamiento es la industria de calculadoras. Hewlett-Packard optó por conservar un bajo volumen, una alta variedad y calculadoras de alto precio mientras que el resto de la industria se desplazaba hacia abajo de la diagonal hacia calculadoras estandarizadas, de alto volumen y de bajo precio. Las calculadoras Hewlett-Packard, aptas para diversos nichos especializados del mercado como contabilidad, encuestas e ingeniería eléctrica, pueden exigir altos precios a volúmenes relativamente bajos.

4.5 OPERACIONES ENFOCADAS

Con frecuencia, una compañía tendrá productos que se elaboran en una variedad de volúmenes y con diversos niveles de estandarización. Cuando una empresa mezcla todos estos productos en la misma fábrica, ello puede devenir en desastre. Skinner (1974), quien originó la idea de una **fábrica enfocada**, nos cuenta la historia de una organización de instrumentos electrónicos que fabricaba instrumentos personalizados para piloto automático de bajo volumen y válvulas estandarizadas de combustible de alto volumen en la misma planta. Después de años de perder dinero con las válvulas de combustible, la administración decidió, como último recurso, separar la producción de válvulas de combustible de la

producción de pilotos automáticos mediante la construcción de una pared en el centro de la planta. Además, asignaron un control de calidad separado y un personal de administración de materiales a cada producto, al igual que mano de obra directa, supervisión y equipo separados. Como resultado de estos cambios, las válvulas de combustible se volvieron rentables en cuatro meses y los pilotos automáticos mejoraron su rentabilidad.

En esencia, el problema era el resultado de que se mezclaran dos misiones diferentes en las operaciones: una de bajo costo para los medidores de combustible y una con un desempeño superior del producto y una gran innovación para el piloto automático. Anteriormente, la producción del piloto automático requería cualidades más exigentes en cuanto a calidad, materiales y habilidades que las válvulas de combustible. Como resultado, los costos de las válvulas de combustible se elevaron y los esfuerzos no pudieron dirigirse a cada producto por separado. Cuando sus procesos de producción se apartaron y, por lo tanto, las necesidades específicas de producción de cada producto se individualizaron, cada proceso de producción pudo responder a sus necesidades específicas en cuanto a clientes y mercado.

Asimismo, los servicios pueden perder su objetivo al tratar de hacer *todas las cosas para todas las personas*. Una operación de servicios debe tener una misión bien definida como un costo bajo o una innovación y no ambas cosas; por ejemplo, Walmart está claramente centrada en el costo bajo de su cadena de suministro para apoyar su estrategia de mercadotecnia cuyo eslogan es *ahorre dinero, viva mejor*. En Walmart, el costo bajo se consigue a través de economías de escala en las compras, una cadena de suministro eficiente y bien administrada y operaciones económicas en la tienda. Durante un tiempo, Kmart trató de atacar a Walmart mediante una oferta de precios más bajos, pero sus costos continuaron siendo demasiado altos, lo cual llevó a Kmart a la quiebra. Kmart es un ejemplo de una pérdida de enfoque en la cual la estrategia de operaciones y la capacidad no empataron con su estrategia de mercadotecnia.

La falta de enfoque en las plantas de manufactura y en las operaciones de servicios ha sido el resultado de tratar de lograr demasiadas metas con las mismas instalaciones u operaciones. En algunos casos, la proliferación de productos en los mercados atendidos por la compañía ha conducido a que se elaboren conjuntamente productos incompatibles en las mismas instalaciones. La solución puede ser arreglar a cada producto como una **planta dentro de una planta** (PWP, *plant-within-a-plant*), lo cual implica el establecimiento de un proceso para un producto o línea de productos en forma separada de los demás procesos dentro de las mismas instalaciones. La empresa puede sacrificar algunas economías de escala haciendo, a la vez, un mejor trabajo en términos de la satisfacción de las necesidades de mercado y del mejoramiento de la rentabilidad.

Pueden tomarse en consideración varios tipos de enfoque, como los siguientes:

1. Enfoque del producto.
2. Tipo de proceso.
3. Tecnología.
4. Volumen de ventas.
5. Producción para almacenamiento y producción a la orden.
6. Nuevos productos y productos maduros.



Honeywell recurre a fábricas enfocadas para competir.

Cuando la meta es enfocar las operaciones, pueden combinarse varias de estas dimensiones; por ejemplo, una compañía de refrigeración utilizó el concepto de operaciones enfocadas por medio de la construcción de dos plantas dentro de una planta. Separó la producción de compresores estandarizados de alto volumen y los productos maduros de la producción de compresores de bajo volumen y los productos personalizados. En este caso, una fábrica se dividió en dos fábricas separadas y enfocadas, con los subsecuentes mejoramientos en todas las medidas del desempeño de las operaciones.

Las operaciones de servicios también pueden enfocarse a través de la asignación de diferentes tipos de productos de servicios a dis-