

Capítulo 3 El producto y la producción

3.1 Conceptos

Aunque no todos los textos sobre Organización de la Producción incluyen consideraciones sobre el producto, es obvio que las decisiones sobre qué producir, genérica y específicamente, tienen una relación muy íntima con las decisiones sobre la configuración y gestión del sistema productivo. Ciertamente, todo lo relativo al producto tiene que ver también con el marketing y con otras funciones de la empresa; no se pretende aquí tratar profundamente estas relaciones pero es inevitable y conveniente hacer algunas referencias a las mismas.

Tipo de producto

Conceptualmente, la primera decisión a tomar es qué tipo de producto se desea obtener. No basta, desde luego, con una definición genérica. Desde el punto de vista de la organización y la gestión es insuficiente decir que el producto son relojes, por ejemplo, puesto que las implicaciones en el marketing, en el diseño del sistema productivo y en la dirección de operaciones son muy distintas si se trata de relojes baratos, de lujo, de alta precisión, "de diseño", etc. En función de su conocimiento de los mercados y de sus capacidades actuales o previstas, la empresa ha de fijar de una manera precisa sus objetivos en lo que respecta a los productos a obtener.

Estrategias

En relación a sus líneas de productos, las empresas pueden seguir diversas estrategias, en el bien entendido que no todas están al alcance de cualquier organización. Una posible clasificación de las estrategias es la siguiente:

- *Líder del mercado.* Todo el mundo identifica fácilmente las empresas líder en algunos sectores, como la fabricación de ordenadores o de material fotográfico sensible. Esta estrategia requiere una gran capacidad de investigación y desarrollo, fuertes inversiones y la asunción de altos riesgos; a cambio, la posición de líder permite casi siempre

practicar una política de precios más altos que la competencia para productos de características similares. Generalmente, esta estrategia sólo está al alcance de grandes organizaciones.

- *Seguir al líder.* Requiere menos e incluso muy poca capacidad de investigación pero mucha capacidad de desarrollo e ingeniería, puesto que se ha de dar respuesta rápida a las iniciativas de la empresa líder. Normalmente, esta estrategia puede ser seguida sólo por empresas medias y grandes.
- *Orientación a aplicaciones.* Menor esfuerzo de investigación y desarrollo y alta capacidad de ingeniería. Se trata de obtener productos para servir segmentos del mercado particulares o especializados. Puede estar al alcance incluso de pequeñas empresas.
- *Producción eficiente.* El esfuerzo se centra en la producción. Esta estrategia se basa en la eficiencia y la flexibilidad de la producción y en el control de los costes, para competir en precios y plazos de entrega. Puede ser adecuada para organizaciones pequeñas.

Ciclo de vida de un producto

Lo que se denomina ciclo de vida de un producto es un modelo general de cómo evolucionan sus ventas a lo largo del tiempo. La idea básica es que los productos, como los seres vivos, tienen un ciclo vital, a lo largo del cual pasan por la introducción o infancia, crecimiento o juventud, madurez y envejecimiento. Como se sabe, los razonamientos basados en analogías, especialmente si se llevan a las últimas consecuencias, pueden conducir a conclusiones inconvenientes; en este caso se ha de tener presente que la evolución de la vida del producto es mucho más controlable que la de los seres vivos y que el envejecimiento no se produce a una edad determinada a priori. Pero el concepto de ciclo de vida es útil si se aplica adecuadamente.

La *figura 3.1.1* es una representación genérica del ciclo de vida de un producto. El gráfico no refleja la existencia de una fase de preparación previa al lanzamiento del producto, que puede ser muy larga y costosa. Por supuesto, los límites entre las fases del diagrama no son precisos y siempre tienen algo de subjetivo, pero las cuatro fases pueden distinguirse perfectamente. En la de introducción las ventas crecen lentamente y los beneficios, a causa del poco volumen de ventas y de los costes de lanzamiento, son negativos. En la de crecimiento aumentan fuertemente las ventas y los beneficios. En la de madurez las ventas se estabilizan y los beneficios comienzan a disminuir porque aparece la competencia. Finalmente, en la fase de envejecimiento, la presencia en el mercado de productos substitutivos hace bajar las ventas y pueden producirse pérdidas. Esta evolución es típica para muchos productos; la duración del ciclo vital es muy variable, desde semanas o meses para productos de moda efímera hasta años o décadas (la aspirina, las lámparas de

incandescencia, etc.); muchos han podido asistir al envejecimiento e incluso extinción de muchos productos (reglas de cálculo, válvulas electrónicas de vacío, televisores en blanco y negro o, ahora mismo, los discos fonográficos convencionales, etc.); pero, en cualquier caso, no es la única evolución posible y puede ser modificada, dentro de ciertos límites, a través de la gestión. Evidentemente, muchos productos no llegan a superar la fase de introducción pero otros prolongan, sin limitación aparente, su madurez, sin llegar a envejecer.

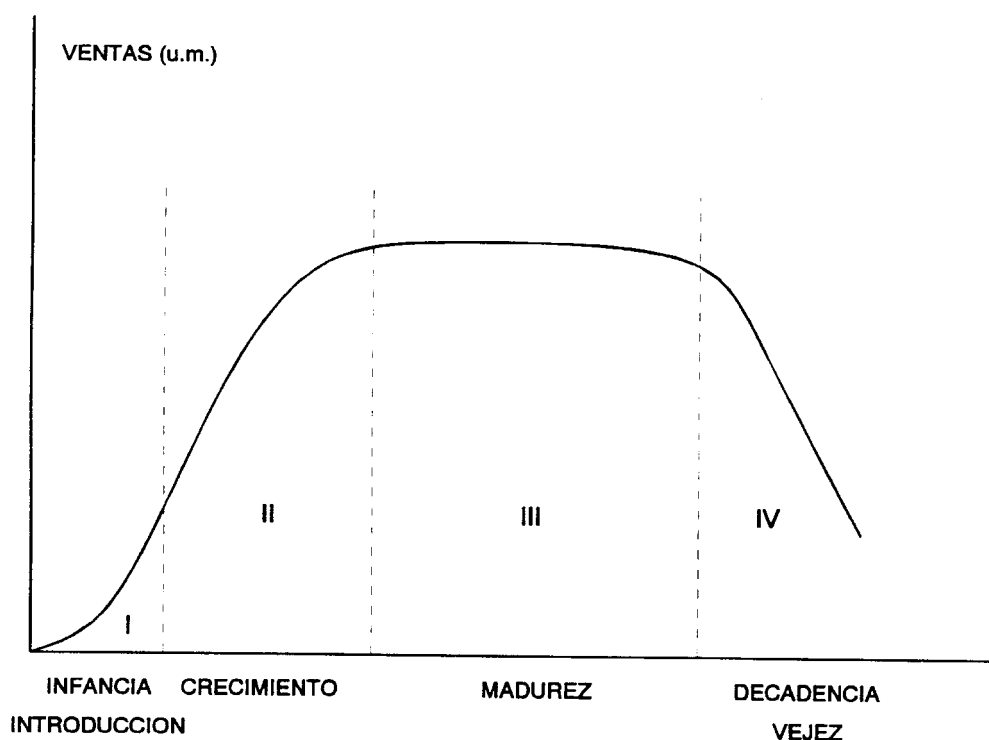


Fig. 3.1.1 Ciclo de vida de un producto

Es importante saber en qué fase se encuentra el producto porque cada fase requiere acciones distintas. En la de introducción, el desarrollo del producto, el diseño y la publicidad son fundamentales; la de crecimiento se puede acelerar a través del marketing y la distribución; en la de madurez el énfasis recae en la fiabilidad y el servicio y puede prolongarse por medio de mejoras en el producto y cambios en la presentación (por ejemplo: series especiales de modelos de coches relativamente antiguos); en la de envejecimiento hay que centrar la atención en el control de costes y considerar la decisión de dejar de fabricar el producto.

Cartera de productos

El concepto de ciclo de vida de un producto nos conduce al de cartera de productos (por

analogía con la cartera de valores de un inversor financiero), conjunto de los productos de la empresa, en distintas fases. Es necesario que la cartera de productos tenga una composición equilibrada por lo que respecta a las fases del ciclo en que se encuentran. Salvo casos excepcionales, y más aún en una época de cambios muy rápidos como la nuestra, todo producto llegará a su fase de envejecimiento y finalmente deberá desaparecer y no podrá ser substituido, inmediatamente, por otro si no han sido tomadas con antelación suficientes las medidas oportunas. En todo momento, en la cartera de productos ha de haber, junto a los que han iniciado su decadencia, otros productos en fase de introducción, de crecimiento y de madurez. Ha de haber un equilibrio entre los productos generadores de recursos (crecimiento y madurez) y los que son consumidores netos de los mismos (preparación, introducción y principio del crecimiento).

Ni que decir tiene que la gestión de la cartera de productos es muy difícil, puesto que se basa en una previsión a medio y a corto plazo de la evolución de los mercados y de la tecnología y que incluso las empresas más sólidas y bien dirigidas cuentan con sonoros fracasos en el lanzamiento de productos que a veces han puesto en peligro la propia continuidad de la firma.

Al respecto, un concepto que tuvo mucho éxito hace unos años es la matriz de participación y crecimiento, del Boston Consulting Group, que es una forma llamativa de clasificar los productos que componen la cartera de una empresa. La clasificación se basa en la tasa de crecimiento (alta o baja) y la participación en el mercado (asimismo alta o baja), tal como se refleja en la *figura 3.1.2*, en la que puede verse las curiosas denominaciones atribuidas a los cuatro tipos de productos que resultan de esta clasificación.

La clave para la interpretación de la matriz es la correspondencia entre participación en el mercado y generación de efectivo, por una parte y tasa de crecimiento y utilización de efectivo, por otra. Los productos *estrella*, como los astros así denominados, brillan con luz propia, a costa de un gran consumo de recursos; su movimiento de fondos está bastante equilibrado, porque aunque proporcionan recursos importantes, a causa de su alta participación en el mercado, éstos se invierten en medidas diversas para aumentarla (desarrollo del producto, de nuevas aplicaciones, captación de nuevos clientes, etc.). Los productos *incógnita* proporcionan pocos ingresos, porque su participación en el mercado es baja, pero consumen recursos abundantes porque están creciendo. Los productos *vaca*, cuestan poco y proporcionan grandes excedentes, por su alta participación en el mercado, como los sufridos animales de igual denominación, que proporcionan carne y leche en abundancia a cambio de una alimentación de bajo coste. Finalmente, los productos *perro*, al igual que sucede con estos animales de compañía, consumen poco, pero no contribuyen a incrementar las rentas de sus amos (en el caso de los productos a causa de su baja participación en el mercado). El tratamiento de cada uno de estos tipos de producto ha de perseguir unos objetivos específicos, que se desprenden bastante fácilmente de su propia definición, por lo que no parece necesario detallarlos aquí.

TASA DE CRECIMIENTO	PARTICIPACION EN EL MERCADO	
	ALTA	BAJA
ALTA	PRODUCTOS ESTRELLA	PRODUCTOS INCOGNITA
BAJA	PRODUCTOS VACA	PRODUCTOS PERRO

Fig. 3.1.2 Matriz de participación y crecimiento del Boston Consulting Group

Método para el diseño de productos

Los pasos a seguir para el diseño de un producto, desde la idea inicial hasta su distribución regular en el mercado, se esquematizan en la *figura 3.1.3*.

Un estudio de factibilidad ha de incluir los puntos siguientes:

- Mercado del nuevo producto: volumen y distribución geográfica
- Ingresos y pagos
- Financiación
- Cumplimiento de restricciones legales, ambientales y otras
- Disponibilidad de capacidades técnicas y de gestión
- Coherencia con las actividades de la empresa

El diseño de nuevos productos es una actividad clave para la vida de la empresa. Actualmente, y cada vez más, importa no sólo el acierto en el diseño sino la reducción de plazos. Lanzar al mercado un producto nuevo antes que la competencia suele ser decisivo para obtener una alta cuota de mercado (según algunos estudios, el 80% del mercado de un producto nuevo corresponde a las dos primeras empresas que lo introducen). De ahí la necesidad de programar cuidadosamente las actividades correspondientes al diseño y al lanzamiento del producto, de controlar su ejecución y de adoptar las medidas correctivas oportunas a lo largo del proceso.

Aspectos críticos en el diseño de productos

Después del diseño preliminar se ha de proceder al diseño detallado, que comprende el *diseño funcional*, el *diseño formal* y el *diseño productivo*.

El *diseño funcional* se refiere a las prestaciones del producto. Comprende:

- definición del nivel de calidad del mercado

- selección de los materiales
- definición del nivel de fiabilidad
- mantenimiento
- garantías
- patentes y marcas

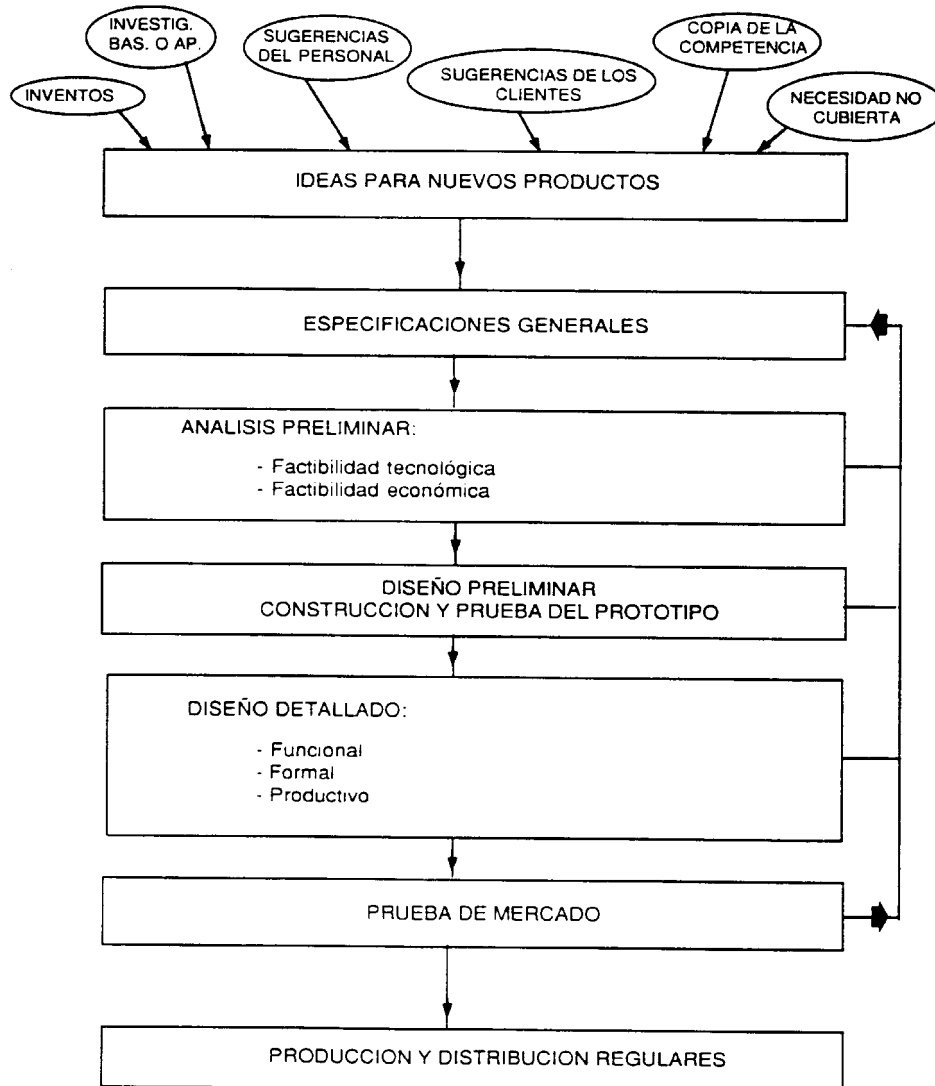


Fig. 3.1.3 Etapas en el diseño de un nuevo producto. Las líneas de la derecha, que unen las diversas etapas, expresan que puede haber vueltas atrás, según el resultado obtenido en cada fase

El *diseño formal* se refiere al aspecto del producto. Una máxima tradicional asevera que el aspecto ha de ser una consecuencia del diseño funcional, pero en la práctica esto muchas veces no es cierto y se da importancia a características estéticas que no tienen relación directa con el diseño funcional. Evidentemente, algunos aspectos del diseño formal tienen más importancia en los productos de consumo que en los bienes industriales. Un punto importante del diseño formal es el embalaje que, aparte del papel promocional que puede jugar, protege el producto y condiciona su manipulación.

En general, para un mismo diseño funcional, hay diversas alternativas de diseño formal. La selección de una de ellas ha de tener en cuenta el diseño productivo, algunos aspectos del cual serán comentados a continuación.

El hecho de distinguir entre los diseños funcional, formal y productivo no implica que tengan que llevarse a cabo secuencialmente, uno a continuación del otro. Esta es una forma de proceder que lleva asociados plazos largos y correcciones costosas; si un problema en el proceso productivo obliga a un cambio en el diseño del producto, hay que repetir etapas y ello alarga los plazos y aumenta los costes. Es por ello que últimamente ha reaparecido con fuerza un concepto que ya es relativamente antiguo, puesto que fue introducido por la empresa Lockheed en los años 50: la *ingeniería simultánea* (IS), es decir, "el diseño simultáneo tanto del producto como del proceso requerido para fabricarlo, implicando por tanto en el proceso de diseño funciones tales como fabricación, proveedores, control de calidad y soporte al cliente" (PRIETO, J. *El renacimiento de la ingeniería simultánea*. Automatización e Instrumentación, nº 222, abril 1992, pp. 88-91).

Aunque la aplicación del concepto de ingeniería simultánea puede verse facilitada por los medios informáticos (tales como paquetes para el diseño asistido por ordenador), la IS no es una solución informática (recuérdese la fecha de aparición de la IS), no es hardware o software que se puede adquirir en el mercado, sino que, como dice el autor del artículo citado, "es una cuestión de gente, disciplina, procedimiento, método y dirección; es más una cultura de comunicaciones y participación en el interior de la empresa que un tema de automatización de la organización".

Diversificación y simplificación

Desde un punto de vista comercial, no cabe duda que conviene disponer de una variedad tan grande como sea posible de productos. En cuanto a la producción, ocurre exactamente lo contrario: la diversidad de productos aumenta los costes de compras, de stocks y de manufactura.

La diversificación puede tener también otras ventajas; por ejemplo, puede ser una forma de equilibrar la producción y las ventas en el caso de productos con estacionalidad acusada. Se denomina *horizontal* cuando la ampliación de la gama tiene lugar a base de

productos similares o complementarios que utilizan los mismos o parecidos recursos; *vertical*, cuando consiste en la incorporación de nuevas fases del proceso productivo (por ejemplo, fabricar componentes que antes se compraban o bien implantar una distribución propia); finalmente, se denomina diversificación *lateral* a la expansión de las actividades de la empresa en sectores o productos poco relacionados con los que inicialmente la caracterizaban, para conseguir una disminución del riesgo, una estacionalidad más atenuada o una mayor utilización de los recursos. La diversificación puede ser también una manera de hacer frente a las consecuencias del envejecimiento de los productos actuales; las páginas económicas de la prensa diaria reflejan las frecuentes e importantes actuaciones que realizan muchas empresas para conseguir una diversificación lateral (es típica la entrada de fabricantes de cigarrillos en el sector de la alimentación o de la confección pero también hay productores de cerveza que dedican esfuerzos a la construcción y explotación de parques de atracciones).

Así pues, una cierta diversificación es necesaria, pero cuando es excesiva hay que proceder a una simplificación, es decir a una reducción del número de productos. Para realizarla es útil el concepto de *curva ABC* o *curva de Pareto*: si se ordena los productos según su volumen monetario de ventas se puede comprobar casi siempre que una pequeña proporción de los productos concentra una proporción muy alta de las ventas (productos A), en tanto que una proporción muy alta (los últimos productos en la mencionada ordenación: productos C) representa una parte pequeña, a veces insignificante, de dichas ventas totales; entre los dos grupos, A y C, se encuentran los productos B. Por supuesto, la clasificación en tres grupos es arbitraria y asimismo lo son, hasta cierto punto, los límites entre los mismos, pero en la práctica, en éste como en otros problemas de gestión, el concepto es francamente útil.

Estandarización

Se refiere a la uniformización de materiales, maquinaria, procesos y métodos de trabajo, embalajes, etc. La estandarización permite realizar compras más baratas, ahorrar espacio y simplificar la gestión de la producción.

Modularidad

La concepción de los productos como el resultado de reunir diversos *módulos* cada uno de los cuales puede presentarse en un cierto número de *variantes* es una forma de gozar de las ventajas de la diversificación sin tener que acarrear con sus inconvenientes. La concepción modular de los productos se ha desarrollado principalmente en la moderna industria del automóvil, pero la idea es aplicable a todos los sectores, incluidos los servicios. Si un producto es el resultado de reunir, por ejemplo, 4 módulos (A,B,C,D) con *a*, *b*, *c* y *d* variantes, respectivamente, puede llegar a presentarse en *a.b.c.d* variantes

(prescindiendo ahora de las incompatibilidades u otras relaciones lógicas que pueden existir entre las variantes de los módulos). Por ejemplo, $a = 10$, $b = 8$, $c = 12$, $d = 5$ da 4800 variantes del producto; en algunos modelos de automóvil, gracias a la modularidad, el número de variantes es muy superior al número de unidades que se llegarán a fabricar a lo largo de toda la vida del modelo (es decir, sería factible que todas las unidades del modelo fueran distintas).

Tecnología de grupos

La tecnología de grupos es un concepto que se suele asociar con la flexibilidad y con la distribución en planta por celdas de producción, pero su aplicación no está necesariamente unida ni con la una ni con la otra. Se trata de un enfoque potencialmente muy fructífero y con entidad propia. Como dice F. Choobineh "la aplicación de la tecnología de grupos no depende del grado de automatización de la factoría y se puede aplicar en un sistema totalmente automatizado o en un sistema de producción manual" (en "A Framework for the Design of Cellular Manufacturing Systems". International Journal of Production Research, vol. 26, no. 7, 1988, pp. 1161-1172)

La flexibilidad es una característica de los sistemas productivos que, por lo menos para ciertos productos, juega un papel progresivamente más importante. La flexibilidad ha sido siempre esencial en la producción de la mayoría de servicios, pero no (piénsese en Henry Ford), hasta hace pocos años, en la producción de bienes. La importancia creciente de la flexibilidad en la fabricación de bienes se debe a un conjunto de cambios (en la tecnología, en los productos, en los mercados y en la gestión de la producción), que no se pretende discutir aquí; baste apuntar que en opinión de los autores el motor de dichos cambios ha sido la capacidad de algunas empresas de flexibilizar su producción, lo que les ha dado ventaja en la carrera competitiva y ha obligado a seguir por al misma vía a las empresas rivales, todo lo cual ha derivado en una diversificación de las opciones ofrecidas al consumidor que, consiguientemente, ha elevado su nivel de exigencia en lo que se refiere a la "personalización" de los productos.

La *tecnología de grupos* "es un concepto de manufactura para incrementar la eficiencia de la producción a través de la identificación y explotación de las coincidencias y similitudes entre componentes y operaciones en el diseño y en la manufactura" (*Ham, Hitomi, Yoshida*.- Group Technology, p. vii). O, como se dice en la misma obra citada, "un concepto para aumentar la eficiencia de la producción a través de la agrupación de varios componentes y productos con diseño y/o proceso de producción similar" (op. cit., p.2). O, aún en la misma obra (p.7), "una filosofía de manufacturado que identifica y explota las coincidencias subyacentes de los componentes y del proceso de manufactura".

Como puede verse, y aunque no hay contradicciones en estas tres definiciones, los autores no se deciden por ninguna o no dan ninguna con carácter formal. De hecho, las tres presentan una cierta vaguedad.

Otros autores dan definiciones que coinciden en líneas generales con las citadas. Así, por ejemplo, Choobineh, en el artículo ya citado: "*Definición*: La tecnología de grupos es una filosofía que explota las *proximidades* entre *atributos* de situaciones u objetos dados para el propósito de realizar una *tarea* conocida". O, George Johnson (en "Methods of Part Numbering". APICS-The Performance Advantage. November 1991,, pp. 46-47): "la tecnología de grupos se basa en la idea de que los materiales, las piezas y las operaciones poseen similitudes intrínsecas y que se puede identificar y sacar partido de estas similitudes para obtener economías significativas en actividades repetitivas". O, finalmente, D. Shunk (en "Group Technology Provides Organized Approaches to Realizing Benefits of CIMS". Industrial Engineering. vol. 17, n. 6, 1985, pp.74-81): "un enfoque formalizado para identificar cosas tales como piezas, procesos, equipos o necesidades de los clientes por sus atributos, analizando estos atributos para encontrar similitudes entre las cosas; agrupando las cosas en familias de acuerdo con sus similitudes; y finalmente aumentando la eficiencia y la efectividad de la gestión de las cosas sacando partido de sus similitudes".

Como la idea es muy general, sin duda se ha aplicado, más o menos formalmente, desde hace muchos años (F.W. Taylor, en 1920, ya propugnaba que se agruparan las piezas que requerían operaciones especiales). Actualmente, se logra a través de sistemas de clasificación y esquemas de codificación bien estructurados.

Los efectos de la agrupación pueden hacerse notar en todas las fases del proceso productivo, tanto en el proyecto, como en la producción propiamente dicha.

Cuando se precisa una pieza nueva el ingeniero de diseño o de fabricación se enfrenta a la pregunta de si en el pasado se ha diseñado o fabricado otra pieza similar. Tal vez en los archivos existe un plano utilizable, aunque sea parcialmente; pero la mayoría de veces esta pregunta no tiene respuesta porque no hay forma práctica de recuperar uno o todos los planos pertenecientes a una cierta familia. El proyectista experimentado tiene probablemente un lote de diseños estándar clasificados de cierta manera para acceder a ellos, pero esto no resuelve el problema general de buscar en el archivo la pieza que más se parezca a otra dada; en consecuencia, los diseños proliferan, los archivos crecen y cada vez resulta más difícil sacarles provecho; por no disponer de un sistema de información que permita hacer uso de la experiencia de los proyectistas, se llevan a cabo trabajos redundantes y, en definitiva, se pierde dinero.

En producción ocurre algo parecido en lo que respecta al diseño del proceso para obtener una pieza determinada. Pero además, para programar la producción es importante agrupar las piezas parecidas; efectivamente si en la secuencia de trabajos cada pieza es muy distinta de la anterior aumentan los tiempos de preparación (cambios de herramienta, ajustes, etc.), con el consiguiente aumento de las esperas y de la obra en curso y, por tanto, de los costes y de los plazos de entrega.

Una cuestión clave para que sea factible el aprovechamiento de las similitudes entre las

piezas es el disponer de una información bien estructurada y fácilmente accesible sobre las mismas. Ello conduce a la cuestión de las clasificaciones y códigos.

Clasificaciones y códigos

La función primaria de un código es la identificación inequívoca de un elemento físico o conceptual; una función secundaria es la descripción de aspectos significativos de dicho elemento.

Un principio básico es que, mientras se mantiene un mismo sistema de codificación, el código de un elemento tiene que ser único y siempre el mismo, aunque pueda modificarse alguna característica secundaria del elemento o el conjunto de los otros elementos a codificar (por ejemplo, si para identificar las paradas de una línea de autobús se les atribuyera números correlativos desde el origen de la línea - lo cual sería, a la vez, identificativo y descriptivo -, este sistema de codificación presentaría dos graves dificultades: en primer lugar, una parada perteneciente a más de una línea tendría diversos códigos; en segundo lugar, las supresiones y, más aún, las inserciones de paradas obligarían a modificar un cierto número de códigos). Un problema que esto presenta es la determinación de si una característica de un elemento es esencial o secundaria, es decir, si su modificación supone que ya no se trata del mismo elemento o si, simplemente, es un cambio de uno de sus atributos; en muchos casos, esto está perfectamente claro (un cliente sigue siendo el mismo aunque cambie de domicilio o aunque modifique sus condiciones de pago), pero en otros no (si decidimos un cambio en el material de una arandela, ¿se trata de un cambio de atributo o de un nuevo elemento?).

Algunos códigos muy importantes son simplemente identificativos. Por ejemplo, en España, todas las personas físicas, a partir de una cierta edad, tienen la obligación de poseer el Documento Nacional de Identidad (DNI), que tiene un código de 8 cifras, exclusivo de cada persona. En un caso como éste (un código relativamente largo, exclusivamente numérico, en el que los errores de transcripción pueden tener una gran trascendencia - por ejemplo, de orden fiscal -) es importante prever una protección contra los errores, tal como una o varias posiciones adicionales de control, cuyo valor se puede calcular, mediante un algoritmo más o menos complejo, a partir de los valores de las posiciones del código propiamente dicho (si el valor calculado no coincide con el contenido de las posiciones de control, ello indica un error - aunque, por supuesto, algunos errores pueden superar esta prueba - el diseño del algoritmo para el cálculo del valor de las posiciones de control ha de garantizar que se evitan, al menos, los más frecuentes, tales como alteración del contenido de una posición o permutación de los valores de dos posiciones consecutivas); así, el Número de Identificación Fiscal español (NIF) no es sino el número del DNI seguido de una posición de control, que contiene una letra. Por supuesto, el concepto de posiciones de control es aplicable a cualquier tipo de código, tanto si es identificativo como descriptivo.

Muchos elementos forman parte de conjuntos diversos y es frecuente que posean un código distinto para cada uno de ellos. Esta circunstancia, desde luego, hace difícil la integración de las informaciones correspondientes a un mismo elemento y debe evitarse o paliarse en la medida de lo posible. Así, una persona puede ser miembro de un colegio profesional, de un sindicato, de un club deportivo, de un cuerpo de funcionarios, etc. y probablemente tendrá un código distinto en cada una de estas entidades; ahora bien, en España, los códigos de funcionario contienen el número del DNI, lo que permite relacionar informaciones contenidas en bases de datos diversas.

La utilización de esquemas de clasificación y codificación no es nueva y son muy abundantes. Los más antiguos fueron ideados por los científicos de la naturaleza para la clasificación de los seres vivos; otro ejemplo de clasificación bastante antiguo y bien conocido es el esquema de direcciones postales, que con el tiempo ha ido evolucionando, completándose con códigos que varían según los países.

Como es lógico, la utilización de códigos en la industria para la identificación de componentes y productos también es antigua. Trabajos importantes de codificación, ya inspirados en la tecnología de grupos, fueron llevados a cabo en la URSS durante la 2ª Guerra Mundial, impulsados por la necesidad de trasladar hacia el Este máquinas y sistemas productivos para evitar su captura por el enemigo. Uno de los primeros trabajos importantes al respecto fue publicado por Mitrofanov en 1959; otros trabajos pioneros son los de E. G. Brisch, en el Reino Unido y de H. Opitz, de la T. U. de Aachen, en Alemania.

En este momento existen diversos sistemas de codificación conocidos y más o menos utilizados: BRISCH (Brisch, Birn & Partners, Inc.), CODE (Manufacturing Data Systems), MICLASS (desarrollado por TNO y actualmente ofrecido por OIR - Organization for Industrial Research), DCLASS (Center for Manufacturing Technology, Brigham Young University), KC y KK (Japón), OPITZ, etc.

Como ha escrito el profesor Han:

" La clasificación y codificación para la tecnología de grupos es un problema muy complejo y aunque se han desarrollado muchos sistemas en el mercado y se han hecho esfuerzos ímprobos para mejorarlos, no existe todavía un sistema universalmente aceptado. Puesto que cada empresa tiene sus necesidades específicas y sus restricciones, el sistema ha de serle adaptado. Aunque hay muchas variedades, los tipos básicos de sistemas pueden distribuirse en categorías tales como: funcional o descriptivo, criterio cualitativo o cuantitativo, orientado a diseño o a producción, jerárquico o de tipo cadena, monocódigo o policódigo, código separado o código compuesto, código largo o código corto, etc. Sin embargo, en la mayoría de los casos los sistemas utilizan variantes de estas categorías de una forma u otra, lo que hace difícil compararlos entre sí desde este punto de vista".

En la elección de un sistema se debe considerar los factores siguientes:

- Objetivo: ¿Por qué y para qué se necesita el sistema?
- Ámbito y aplicación: ¿Qué departamentos usarán el sistema? ¿Para qué? ¿Qué complejidad debe cubrir?
- Costes y tiempo: ¿Cuánto costará instalar, formar y mantener? ¿Cuánto tiempo? ¿Cuándo se verán los efectos?
- Adaptabilidad a otros sistemas: ¿Se adaptará el sistema a las bases de datos usadas en la empresa? ¿Se puede integrar en otros sistemas?
- Problemas de gestión: ¿Están informados y dispuestos a colaborar todos los implicados?

Desde el punto de vista del tipo de símbolos utilizados, los códigos se pueden clasificar en *numéricos* (sólo números), *alfabéticos* (sólo letras) y *alfanuméricos* (combinación de números y letras). Aunque estrictamente sólo se puede denominar *dígitos* a los elementos de los códigos numéricos, a veces, si no puede inducir a confusión, se usa este término para símbolos cualesquiera (tal como se hace, en ocasiones, en este texto).

En cuanto a su estructura e interpretación: *monocódigos* (también llamados *códigos jerárquicos* o *de estructura en árbol*), *policódigos* (también denominados *códigos de atributos*) e *híbridos*.

Monocódigos: Dígitos dependientes

Es el tipo de sistema que usa el concepto más antiguo (ya utilizado por Linneo).

Se establece un código jerárquico con una estructura arborescente (*fig. 3.1.4*), donde cada elemento o dígito amplía la información dada por el precedente. Así pues, el significado de cada elemento depende del valor del o de los anteriores.

Una estructura arborescente es adecuada para describir los elementos de un conjunto que posee una estructura ordenada (no siempre fácil de descubrir: piénsese en la clasificación de los seres vivos), pero es difícil de utilizar cuando los objetos no guardan un orden aparente.

Un código jerárquico es, en general, difícil de construir, pero proporciona un análisis en profundidad de los objetos codificados y puede almacenar de forma compacta una gran cantidad de información. Una vez establecida la estructura jerárquica, la codificación de un objeto es sencilla de obtener: basta partir de la raíz e ir respondiendo preguntas relativas a qué rama debe seguirse. Sin embargo, determinar el significado de un dígito en particular es relativamente difícil, puesto que deben decodificarse los dígitos precedentes, lo que complica la manipulación de las bases de datos.

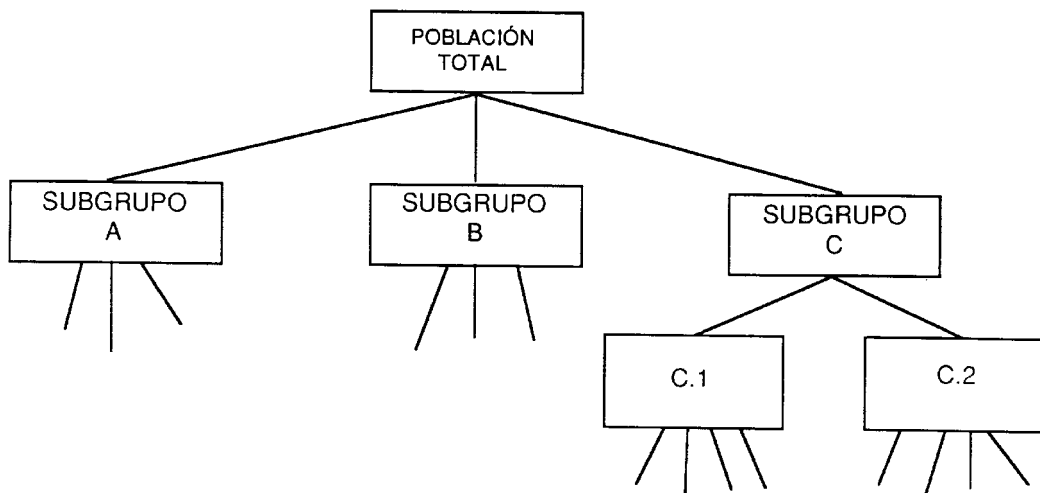


Fig. 3.1.4 Clasificación arborescente

Los sistemas monocódigo han sido utilizados en los departamentos de proyectos para recuperar planos. Un proyectista puede interpretar rápidamente la estructura arborescente y encontrar la familia de su interés. La clasificación está orientada básicamente a la forma de los elementos. En producción, sin embargo, las necesidades son distintas y se requiere otro tipo de estructura jerárquica: es muy difícil establecer estructuras monocódigo que sirvan a la vez a proyectos y a producción.

Policódigos: Dígitos independientes

Este tipo de códigos se basan en otra idea: El significado de un carácter en una posición es independiente del contenido de las otras posiciones.

Cada característica se asocia a una posición dada y se establecen unas preguntas relativas a dicha característica para conocer el valor concreto o carácter a asignar a dicha posición.

Por ejemplo, una primera posición puede definir la forma externa (1 = cilíndrica, 2 = cónica, etc.); la segunda, la forma interna, etc.

El principal inconveniente de este tipo de códigos es que suelen ser largos, poco

compactos, ya que debe existir una posición asociada a cada característica significativa aunque una parte de los objetos no la posean. Su ventaja fundamental es la facilidad en el manejo de las bases de datos (para obtener una relación de todas las piezas con una característica determinada, basta consultar el valor de la posición que tiene asociada).

Códigos híbridos

La mayoría de los códigos utilizados en la práctica combinan características de los dos tipos descritos anteriormente. El primer o los primeros dígitos sirven para efectuar una partición de la población en subgrupos (tal como hacen los monocódigos); cada subgrupo tiene entonces asociada una estructura policódigo, lo cual reduce el número de posiciones necesarias. Se puede decir que se trata de un conjunto de *semipolicódigos*, es decir, de hecho, una colección de policódigos más cortos que si se utilizara un solo policódigo para todo el conjunto. Estructuras de este tipo pueden satisfacer simultáneamente las necesidades de proyectos y las de fabricación..

Un ejemplo es MICLASS, que utiliza hasta 30 dígitos (un código principal de 12 y uno suplementario de 18) para manejar las características de piezas, equipos y procesos relacionados con la tecnología de grupos. Los 4 primeros describen la forma, los elementos de la forma y la posición de dichos elementos; los 4 siguientes, las dimensiones principales, la razón entre las mismas y las dimensiones auxiliares; los dígitos 9º y 10º clasifican las tolerancias de las piezas, incluyendo la tolerancia dimensional, el acabado superficial y la tolerancia en forma; las dos últimas posiciones del código principal se refieren a las características de mecanización y al material. El código suplementario se refiere a información ligada a la empresa (tamaño del lote, tiempo de operación, operaciones principales) u otras, como el código del proveedor. El sistema MICLASS se utiliza mediante un programa conversacional en ordenador.

Análisis del valor

En principio, el análisis del valor es un método cuya finalidad es la de obtener productos capaces de realizar funciones determinadas con un coste mínimo.

De hecho, es una aplicación del método cartesiano al diseño de productos. Como quiera que dicho método es aplicable también, por supuesto, a muchos otros problemas (la mejora de un proceso, de un método de trabajo, de un circuito de información, etc.), últimamente se detecta una tendencia a englobar bajo la denominación "análisis del valor" otras técnicas, algunas de las cuales existían muchas décadas antes que el análisis del valor propiamente dicho; de este modo, el análisis del valor vendría a ser una nueva panacea y un estudio profundo del mismo permitiría prescindir de otros conocimientos más extensos y abstrusos. Este texto, claro está, no se suma a esta tendencia que, como mínimo, es generadora de confusión.

En líneas generales el análisis del valor consiste en:

- a) Dividir el producto en partes y el proceso en operaciones
- b) Establecer el coste de cada parte y de cada operación
- c) Determinar el valor de cada parte y de cada operación para el producto
- d) Encontrar nuevas soluciones, especialmente para los elementos de menor valor y mayor coste

Evaluación de alternativas

En definitiva, todo el proceso de diseño desemboca en algunas alternativas factibles. Para decidirse, finalmente, por una de ellas hay que compararlas desde distintos puntos de vista y, en particular, desde el punto de vista económico, lo cual debe incluir la consideración de la inversión inicial (equipo productivo, formación del personal, publicidad, etc.) y los pagos y cobros a lo largo de la vida del producto (o de un horizonte temporal razonable) con el fin de calcular indicadores adecuados para la comparación, tales como los valores actualizados netos de las diversas alternativas.

Diseño asistido por ordenador

El diseño asistido por ordenador, o CAD (de *Computer Aided Design*) es una técnica que es y será cada vez más asequible y efectiva.

El CAD es desde luego, mucho más que una forma de dibujar con la ayuda de instrumentos electrónicos. Un sistema de CAD puede permitir, tal como dice R. FERRÉ MASIP (*Diseño industrial por computador*, pp. 16-17):

- 1) Construir, manipular y visualizar modelos geométricos del producto en 2 ó 3 dimensiones, según se precise, tanto a nivel de conjunto como de detalle de cada una de sus partes.
- 2) Estudiar y analizar problemas geométricos de interferencias, juegos, estudio de espacios, visibilidad, etc.; problemas cinemáticos de barridos, velocidades y aceleraciones; problemas dinámicos de cálculo estructural, fatiga, transmisión de calor, circulación de fluidos, simulación de circuitos; y, en general, todo tipo de cálculo y simulación que nos permita optimizar el modelo construido de cara a las prestaciones definidas.

- 3) Recoger, analizar y reducir los datos de las magnitudes que actúan sobre el producto: velocidades, aceleraciones, tensiones, temperaturas ruidos, etc.; para diseñar pruebas aceleradas en bancos de ensayo; garantizar por comparación de señales que la prueba efectuada es significativa; y recopilar y analizar resultados de los ensayos para comprobar que se ajustan a las especificaciones.
- 4) Obtener toda la documentación técnica necesaria, es decir: dibujar los planos de esquemas, conjuntos y despieces; obtener las listas de composición del producto; aplicaciones de piezas como punto de partida de la gestión de materiales de fábrica; producir los manuales de documentación técnica del producto, permitiendo la incorporación de figuras en el tratamiento de texto. Si la ingeniería de fabricación o proveedores disponen del equipo necesario, obtener un fichero magnético con toda la información necesaria para la fabricación de las piezas.
- 5) Gestionar todos los datos del producto y del proyecto a partir de una base de datos de planos estándares, normas, resultados de pruebas que permita una buena estandarización del producto y normalización de los ensayos.

Los buenos sistemas de CAD, por consiguiente, permiten diseñar objetos haciendo uso de diseños preexistentes, simular la visión del objeto (quieto o móvil) desde el punto de vista elegido, simular el comportamiento de las partes durante el proceso de montaje o en el curso de operaciones de mantenimiento o el comportamiento del producto sujeto a determinadas condiciones. El CAD permite obtener mejores diseños en menos tiempo y esto último, la reducción del plazo, puede ser muchas veces lo más importante.

Idealmente, un sistema de CAD ha de estar asociado con una base de datos de diseños de productos y de partes de productos, lo que implica una codificación adecuada de estos elementos que permita su localización y evite, por lo tanto, la repetición de trabajos por mera ignorancia de la existencia de un diseño anterior utilizable o por la imposibilidad práctica de localizarlo. Una base de datos de este tipo, por otra parte, es útil aunque no se disponga de un sistema de CAD.

Bienes y servicios

Los productos pueden clasificarse en bienes y servicios. Los bienes son los productos característicos de los sectores primario y secundario: minerales, pescados y crustáceos, frutas y hortalizas, zapatos, barcos, lacre, máquinas-herramientas, etc. Son productos tangibles y almacenables durante un tiempo más o menos largo.

Los servicios, en cambio, constituyen la producción del sector terciario y se caracterizan

por ser intangibles y, por consiguiente, por la imposibilidad de almacenarlos. Esto podría ser una definición de servicio pero, desde luego hay otras, aunque posiblemente ninguna completamente satisfactoria porque los servicios, a causa de su diversidad, resultan difíciles de describir, en conjunto, con un párrafo breve. Se puede decir también, por ejemplo, que un servicio es la realización de una actividad o la cesión del uso de unos recursos para satisfacer una necesidad de una empresa o de una persona.

Los servicios son cada vez más importantes y en las economías avanzadas representan la mayor parte de la producción total y del empleo.

En lo que respecta al diseño de los servicios se ha de tener presente que, en general, un servicio no se vende aisladamente sino que forma parte de un "paquete" que comprende:

- a) El servicio básico
- b) Los servicios complementarios
- c) La instalación de soporte
- d) Los bienes suministrados

El diseño, por tanto, ha de considerar estos cuatro componentes del paquete, que han de ser coherentes. Por cierto, muchas veces los bienes tampoco se venden aislados, sino constituyendo la parte fundamental de un paquete que incluye también determinados servicios. Es muy difícil establecer una frontera clara entre bienes y servicios: lo que hay realmente es un continuo, desde los bienes puros a los servicios puros, que pasa por casos híbridos (como los restaurantes o los talleres de reparación de coches, cuya clasificación como sistemas productores de bienes o de servicios es una cuestión convencional).

El carácter intangible de los servicios es la fuente principal de las peculiaridades que presenta su gestión:

Distribución y localización. Típicamente se afirma que como el producto-servicio no es transportable se requiere que las unidades que lo prestan estén repartidas por el territorio de acuerdo con la distribución espacial del mercado. Esto, como casi todas las afirmaciones sobre los servicios en general, no siempre es cierto. Siempre ha habido, y cada vez hay más, servicios a los que acuden los clientes aunque tengan que recorrer una distancia considerable; un servicio como el turismo tiene su fundamento en una localización adecuada que no necesariamente, ni mucho menos, se ha de situar cerca de sus clientes potenciales; algo parecido ocurre con los centros sanitarios altamente especializados o con

restaurantes de prestigio; un caso algo distinto es el de las empresas consultoras, cuyos profesionales pueden desplazarse hasta los clientes siempre que la distancia no supere, salvo casos excepcionales, ciertos límites. La posibilidad de centralización de los servicios se refuerza con el desarrollo de la informática y las telecomunicaciones. Obsérvese que tradicionalmente la posibilidad de centralización se consideraba como reservada a la industria manufacturera, lo cual nunca ha sido tampoco totalmente cierto porque las industrias de productos perecederos o de bienes en que la repercusión del coste de transporte es importante (como las bebidas envasadas) siempre se han visto obligadas a una cierta dispersión de sus unidades productivas.

Estandarización y control de calidad. Aunque se ha avanzado mucho en la estandarización de los servicios, especialmente en algunos sectores, el hecho de que habitualmente la prestación del servicio se realiza con intervención de un empleado es una causa de variabilidad en sus características. Por otra parte, el hecho de que la producción y el consumo del servicio sean muchas veces simultáneos, e incluso indistinguibles, imposibilita, a diferencia de lo que ocurre en la manufactura, la realización de controles previos a la salida del producto de la fábrica; una forma de control son las quejas de los clientes pero, con frecuencia, cuando estas llegan el daño ya es irreparable. Sin renunciar a la implantación de controles, que han de ser diseñados específicamente, es importante definir con precisión los métodos e instruir y motivar al personal.

Desacoplamiento oferta-demanda. La demanda de un servicio suele fluctuar notablemente, según las horas del día, los días de la semana y los meses del año; los ejemplos son numerosísimos y evidentes. Esta característica no es exclusiva de los servicios: la demanda de muchos bienes también es fuertemente estacional. Pero en el caso de los bienes se puede constituir stocks, que acoplan la demanda y la oferta, y en los servicios esto no es factible. Por tanto, salvo que se asuma una capacidad suficiente para atender las puntas de demanda (capacidad que será infrautilizada la mayor parte del tiempo) o dejar sin atender una cierta proporción de dicha demanda (por falta de capacidad en ciertos intervalos), hay que actuar sobre ésta, sobre la capacidad o sobre ambas. La demanda se puede regular mediante reserva o cita previa, modulaciones de la tarifa o acciones de marketing; la capacidad, por medio de la contratación de personal a tiempo parcial para atender las puntas, organizando turnos de modo que resulte un perfil temporal de capacidad parecido al que presenta la demanda o haciendo participar al propio cliente en la producción del servicio. Ejemplos típicos de aplicación de esta última idea (muy interesante porque aporta capacidad productiva justo en el momento en que se requiere y con muy poco coste e incluso sin coste alguno) son los restaurantes de autoservicio o los supermercados; pero hay muchos otros (gasolineras en autoservicio, cajeros automáticos de los bancos, etc.) y en todos los casos la reflexión sobre cómo aplicarla específicamente puede ser fructífera.

3.2 Bibliografía

- [1] AA.VV. *Sistemas CAD/CAM/CAE. Diseño y fabricación por computador*. Marcombo, 1986.
- [2] ADAMICRO. *Hacia la automatización del diseño y la fabricación*. Instituto de la Pequeña y Mediana Empresa Industrial, 1986.
- [3] AGUAYO, F.- *La tecnología de grupos en el diseño y la fabricación*. Novamáquina, nº 130, abril 1987, pp. 121-127.
- [4] BEASCOECHEA, J. M. *Concepción, desarrollo y comercialización de productos*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, 1987.
- [5] BERGES, L; TORRES, F. *Sistemas de clasificación de piezas industriales*. Novamáquina, nº 115, octubre 1985, pp. 130-136.
- [6] BLANCHARD, B. S. *Engineering organization and management*. Prentice-Hall, 1976.
- [7] BRICHTA, A. M; SHARP, E. M. P. *Del proyecto al producto*. Anaya, 1973.
- [8] Ferré, R. *Diseño industrial por computador*. Marcombo, 1987.
- [9] FITZSIMMONS, J. A; SULLIVAN, R. S. *Service Operations Management*. McGraw-Hill, 1982.
- [10] GAGE, W. L. *Pratique de l'analyse de valeurs*. Hommes et Techniques, 1971.
- [11] GOARLE, P; LONG, J. *Essentials of product planning*. McGraw-Hill, 1973.
- [12] GUERRERO, H.H. *Group Technology: I. The Essential Concepts y Group Technology: II. The Implementation Process*. Production and Inventory Management Journal, vol. 28, 1987, nos. 1, pp. 62-70 y 2, pp. 1-9.
- [13] HAM, I; HITOMI, K; YOSHIDA, T. *Group Technology. Applications to Production Management*. Kluwer·Nijhoff, 1985.
- [14] LAMBERT, P; BISSADA, J; SCHMITT, J. P. *Management de la production: La fonction méthodes*. Les Éditions d'Organisation / Eyrolles, 1974.
- [15] LITAUDON, M. *L'analyse de la valeur*. Les Éditions d'Organisation, 1981.
- [16] MITROFANOV, S. P. *Scientific Principles of Group Technology*. National Lending Library for Science and Technology, 1966 (texto original, en ruso, publicado en 1959).
- [17] OPITZ, H. *A Classification System to Describe Workpieces*. Pergamon Press, 1970
- [18] TERSINE, R. J. *Production/Operations Management: Concepts, Structure & Analysis*. North-Holland, 1985.

Comentarios

[18] contiene un capítulo muy adecuado sobre este tema. Sobre la problemática del producto, en general, se puede consultar también [4], [6],[7] y [11]. Sobre el análisis del valor: [10], con numerosos ejemplos; [14], menos extenso al respecto; [15] es un buen resumen, pero excesivamente sintético si no se posee un cierto conocimiento previo del tema. Sobre CAD:

[8],[1] y [2]. Sobre codificación y tecnología de grupos: [3], [5], [12], [13] (una referencia obligada sobre la tecnología de grupos, con un tratamiento breve sobre la codificación) y [16] y [17] (dos textos que se puede llamar clásicos sobre tecnología de grupos y codificación). Sobre los servicios, [9].

Capítulo 4 Planificación de la capacidad productiva

4.1 Conceptos

La breve extensión con que se trata este tema no se corresponde, ni mucho menos, con su gran importancia. La planificación de la capacidad productiva no exige el uso de conocimientos ni instrumentos específicos, sino la integración de muy diversos saberes (mercados, previsión y previsión tecnológica, tecnología, gestión de la producción...). Aun en el caso de grandes sistemas productivos, a cuya planificación se dedica gran esfuerzo y gran cantidad de recursos, pueden producirse y de hecho se producen errores importantes, a veces de consecuencias muy graves, dada la dificultad, si no la imposibilidad, de prever el futuro; las hipótesis que parecen más sólidas en un momento dado son muchas veces desmentidas por la realidad, especialmente cuando el plazo de maduración de los proyectos es largo.

De ello no debe deducirse que no se tenga que elaborar un plan de capacidad, bien al contrario, sino que dicho plan se ha de someter continuamente a revisión de acuerdo con las informaciones que con el transcurso del tiempo se vaya obteniendo.

La capacidad productiva se puede expresar a través de la máxima tasa posible de producción de bienes o servicios o de la cantidad máxima disponible de recursos en un instante o en una unidad de tiempo, según los casos. Cuando todos los productos son muy similares se puede utilizar la primera definición y, si no, la segunda (cuando los productos son heterogéneos, la cantidad de los mismos que se puede obtener es función de la composición de su "mezcla" - *mix* -, la cual determina asimismo qué recurso o recursos constituyen los cuellos de botella del sistema productivo).

Así, mediremos la capacidad de producción de una planta siderúrgica en tm/día; la de una fábrica de zapatos en pares/turno, la de una línea aérea en pasajeros.km/año. Pero la de un hospital en número de camas, la de un taller de reparación de coches en horas.mecánico/día o la de un local para espectáculos en número de localidades.

En lo que respecta a la capacidad, hay que responder, es decir, hay que tomar decisiones, en relación a las preguntas siguientes:

¿**Cuánta** capacidad se necesita?

¿**Cuándo** ha de estar disponible?

¿**Qué** clase de capacidad se necesita?

¿**Dónde** se ha de instalar?

El ajuste de la capacidad a corto plazo se hace a través de la *programación de operaciones*; también es posible llevar a cabo ajustes de mayor alcance, considerando un horizonte de 1 ó 2 años, en el marco de una determinada infraestructura: es lo que se denomina *planificación agregada*. Lo que se discute en este capítulo es cómo determinar la *capacidad diseñada del sistema*, considerando un horizonte del orden de 5 ó 10 años, por ejemplo, lo cual conduce a decisiones que, una vez han sido aplicadas resulta muy difícil o muy costoso modificar.

Las respuestas a las preguntas relacionadas un poco más arriba no son independientes; en particular, las dos últimas (*qué* y *dónde*) están íntimamente relacionadas, lo cual puede quedar parcialmente confuso porque la decisión de localización (respuesta a la pregunta ¿*dónde*?) tiene la suficiente entidad conceptual para ser objeto de un tratamiento propio (ver *capítulo 5*); pero no se ha de perder de vista que la ubicación del sistema productivo condiciona, a través de la disponibilidad de personal y de servicios, la gama de alternativas tecnológicas factibles.

Los pasos a dar para establecer un plan de desarrollo de capacidad se esquematizan en la *figura 4.1.1*. Siempre hay que considerar un cierto número de alternativas; una misma producción se puede obtener con instalaciones diversas por su tecnología o por las características de los costes asociados a las mismas (por ejemplo: una instalación con costes de inversión y costes fijos bajos y costes variables unitarios elevados y otra con costes de inversión y costes fijos altos y con costes variables unitarios reducidos): la elección de una de ellas se ha de basar en un estudio de rentabilidad que ha de tener en cuenta la evolución previsible de la demanda y la cuantía de los pagos asociados a la inversión y los momentos en que se producen.

Hay que tener en cuenta, al hacer cálculos de capacidad, las averías y los programas de mantenimiento, así como las variaciones estacionales de la demanda que no puedan ser absorbidas a través de los stocks ni con variaciones en los ritmos de trabajo. Por supuesto, una decisión muy importante es la de "hacer o comprar", que hay que tomar para cada elemento (sea bien o servicio) que interviene en el proceso productivo.

Hoy en día, al diseñar un sistema productivo no se ha de perder de vista el ritmo, muy rápido, de desarrollo de las tecnologías y de cambios en los mercados. Las primeras hacen posible y las segundas exigen una gran flexibilidad en los sistemas productivos que, sin reconfiguraciones importantes y en tiempos breves, han de poder pasar de la fabricación

de un producto a la de otro. Las tecnologías y la capacidad de gestión que permiten alcanzar la deseable flexibilidad no son inasequibles y ésta puede ser decisiva para asegurar el futuro de la empresa.

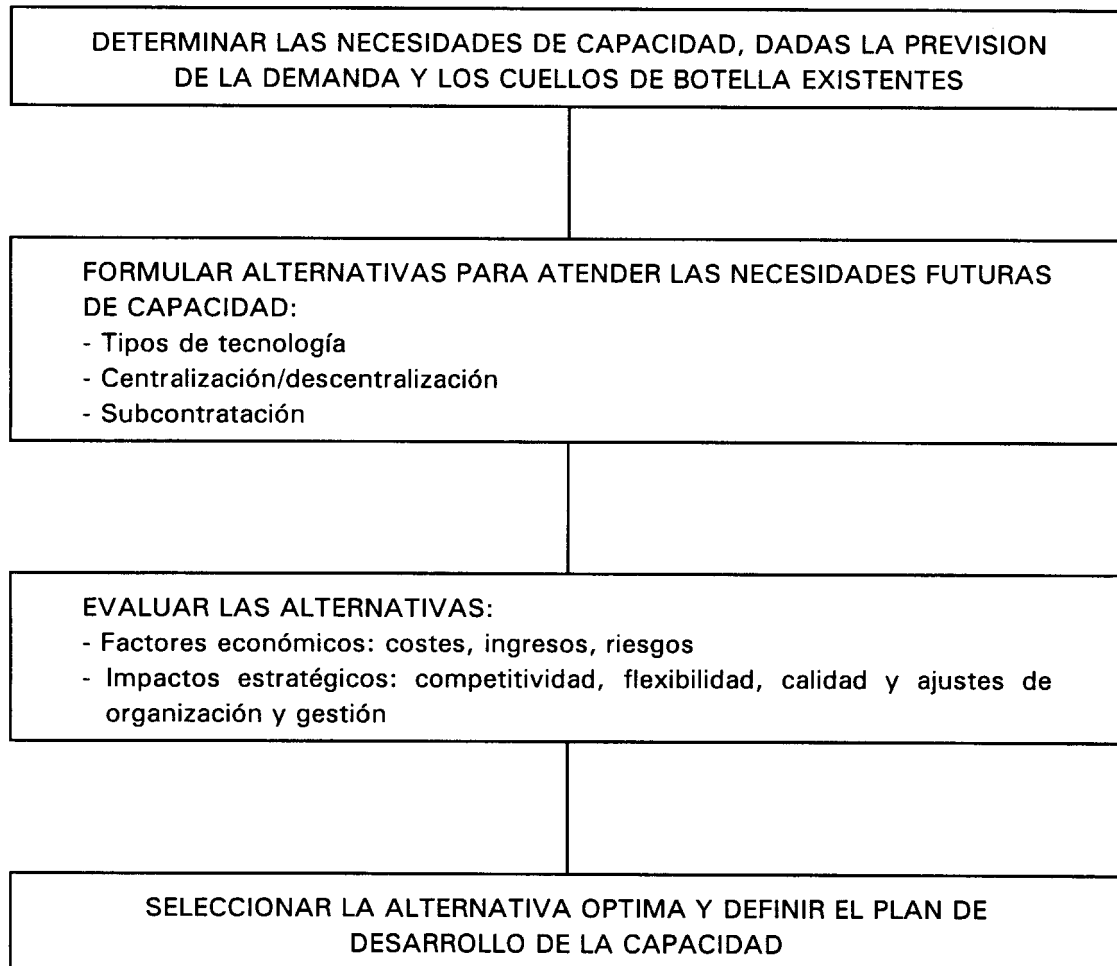


Fig. 4.1.1 Determinación del plan de desarrollo de la capacidad