

Gestión de la
producción:
*una aproximación
conceptual*

Colectivo de autores

Gestión de la
producción:
*una aproximación
conceptual*



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Gestión de la producción : una aproximación conceptual / Fredy Becerra Rodríguez
...[et al.]. – Manizales : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de
Ingeniería y Arquitectura, 2008
332 p.

ISBN : 978-958-701-963-6

1. Organización industrial (Teoría económica) 2. Desarrollo industrial 3. Industria –
Innovaciones tecnológicas 4. Producción industrial I. Becerra Rodríguez, Fredy, 1963-

CDD-21 338.456 / 2008

© Universidad Nacional de Colombia
Sede Manizales
Departamento de Ingeniería Industrial y Grupo de Investigación en
Innovación y Desarrollo Tecnológico

© Autores:
Fredy Becerra Rodríguez, Diana María Cárdenas Aguirre,; Ómar
Danilo Castrillón Gómez, Andrea García, Jaime Alberto Giraldo
García, Santiago Ibarra Mirón, Santiago Ruiz Herrera, William
Ariel Sarache Castro, Johnny Tamayo y Amparo Zapata Gómez

Editor y compilador
Fredy Becerra Rodríguez

Diseño y diagramación
Alejandro Medina

Preparación editorial e impresión
Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos
Luis Ignacio Aguilar Zambrano, director
dirunibiblo_bog@unal.edu.co

ISBN: 978-958-701-963-6

Primera edición, 2008
Bogotá, Colombia

LOS AUTORES EXPRESAN sus agradecimientos a la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, y a Colciencias, entidades que financiaron la investigación “Modelo, procedimientos y soluciones informáticas para mejorar el nivel de efectividad de los sistemas de producción de pymes metalmecánicas. Aplicaciones en el subsector 381 de la ciudad de Manizales”, de la cual se derivó este libro como uno de sus productos.

CONTENIDO

PRÓLOGO / 11

1. DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN: SU PAPEL ESTRATÉGICO EN LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL / 15
Santiago Ibarra Mirón y William Ariel Sarache Castro
2. PLANEACIÓN AGREGADA Y PROGRAMACIÓN MAESTRA / 65
Diana María Cárdenas Aguirre
3. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN / 97
Jaime Alberto Giraldo García
4. ESTUDIO DEL TRABAJO: HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EMPRESARIAL / 137
Fredy Becerra Rodríguez
5. LOGÍSTICA Y GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO / 175
William Sarache, Johnny Tamayo y Andrea García
6. ALGUNOS ENFOQUES EN EL MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN/OPERACIONES / 215
Amparo Zapata Gómez
7. GESTIÓN EN PREVENCIÓN Y CONTROL DE PÉRDIDAS EN PRODUCCIÓN/OPERACIONES / 245
Santiago Ruiz Herrera
8. NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA FABRICACIÓN Y LA INFORMACIÓN / 275
Fredy Becerra Rodríguez, Omar Danilo Castrillón Gómez, Jaime Alberto Giraldo y Jhonny Tamayo

PRÓLOGO

LA DÉCADA DE LOS AÑOS SETENTA del siglo pasado fue el escenario de las revoluciones tecnológicas y económicas que han conducido el desarrollo del mundo a las condiciones que conocemos actualmente. Es en esta época cuando se inician los procesos de masificación de las tecnologías de información y se comienza el trabajo en redes de comunicación en el mundo. También se empieza la reestructuración global del capitalismo con la aparición de fenómenos geopolíticos como la desintegración de la Unión Soviética, la caída del muro de Berlín y la consolidación de la Comunidad Económica Europea, y más recientemente los fenómenos económicos de los países asiáticos: Corea, China e India. El proceso de globalización económica encuentra así el camino para su consolidación. En este contexto, en América se originan procesos sociales y político-económicos dentro de los Estados, especialmente los latinoamericanos, para insertarse en estos nuevos modelos; aparecen los tratados de libre comercio (TLC) entre naciones, específicamente con el socio tradicional más importante para los latinoamericanos, Estados Unidos de América.

La estructura económica y comercial basada en la globalización también develó otras circunstancias asociadas que determinan lo que podría interpretarse como una "paradoja de la globalización". Mientras por un lado se propagan las concepciones relacionadas con el flujo libre del comercio, de los capitales, del conocimiento y de los individuos, por el otro hay un resurgimiento de los nacionalismos, la xenofobia y otros fenómenos de corte proteccionista en los Estados. Pero tal vez más importante que esto es el reconocimiento del papel de los entornos locales y regionales dentro de los países como fundamento para el desarrollo económico y social. En síntesis, la paradoja puede resumirse como el paralelismo entre la noción de un mundo sin fronteras y una nueva racionalidad de lo local y regional. Sobre la base de esta paradoja es que se concibe la premisa de "actuar en lo local para competir a nivel global" y en este sentido debe entenderse el papel de las empresas para desarrollar y mantener sus capacidades competitivas.

La construcción y sostenibilidad de tales capacidades en la unidad empresarial implica la comprensión del rol de todas las funciones organizacionales y en especial la producción como un sistema estratégico dentro de la empresa, y su contribución para enfrentar los actuales condicionamientos del entorno, que definen: un nue-

vo patrón de mercado centrado en una mayor selectividad de los mercados y en la presión de estos por la protección del medio ambiente, y una mejor estructura de precios en los productos y servicios sin detrimento de la calidad; aspectos que inciden en la necesidad de una permanente búsqueda en la reducción de costos de producción. Un nuevo patrón tecnológico fundamentado en los desarrollos de la automatización, las telecomunicaciones y las tecnologías de información que han originado formas de fabricación y prestación de servicios entre las que se encuentran el diseño y la manufactura asistidos por computadora, la manufactura flexible, la ingeniería concurrente y el uso de la simulación y la inteligencia artificial para incrementar la productividad de las empresas. Un nuevo patrón gerencial en el que metodologías y técnicas como el justo a tiempo (JIT), la reingeniería, el *benchmarking*, el *outsourcing*, la teoría de restricciones (TOC), entre otras, están orientando las decisiones estratégicas de las empresas.

En esta perspectiva, el presente libro, producto del trabajo de investigación desarrollado por el grupo de investigación en Innovación y Desarrollo Tecnológico, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, aborda desde el punto de vista de los avances teóricos de la función de producción/operaciones distintas temáticas que ilustran sobre los fundamentos históricos y presentes del devenir de esta función; así como temáticas conexas que complementan lo que conceptualmente es el sistema de producción en una empresa. El libro se estructura en ocho capítulos cuyo contenido es responsabilidad directa de sus autores; cada capítulo tiene una introducción que ilustra al lector sobre los temas por tratar, el cuerpo temático propio y un resumen que describe las ideas centrales abordadas.

Para su desarrollo se adopta una disposición que inicia con la presentación de la función de producción/operaciones como un área organizacional estratégica para la empresa, capítulo uno, dando las bases para ilustrar aspectos de orden táctico y operativo descritos en los capítulos dos a cuatro, los cuales presentan: el dos, los avances en metodologías, herramientas y técnicas para la planeación agregada y el programa maestro de producción; el tres, aquellas que tienen uso más frecuente en la programación y control de la producción; y el cuatro, las técnicas del estudio del trabajo como base para la estandarización de operaciones y tiempos de ejecución de estas.

El capítulo cinco aborda el tema de la gestión de las cadenas de abastecimiento y la gestión logística, basado en un enfoque estratégico que integra las actividades desde la proveeduría de materias primas e insumos hasta la entrega al cliente de los productos elaborados; allí se incluyen aspectos relacionados con la importancia de las relaciones con clientes y proveedores mediante el uso de las tecnologías de información. El capítulo seis hace referencia a los sistemas de calidad, desde su desarrollo histórico, los principales exponentes de los conceptos de calidad y la influencia que ellos tienen en la función de producción. En el capítulo siete se describen las metodologías para la gestión y prevención de pérdidas como una de las disciplinas que

contribuyen de manera especial en la reducción de costos y la productividad de los sistemas productivos; aquí se plantea de manera especial un modelo para el estudio de la prevención de pérdidas elaborado por el autor. El capítulo ocho centra su atención en las nuevas tecnologías de fabricación e información, donde los temas están asociados a las herramientas de hardware y software que cada vez cobran mayor uso en los entornos industriales, en la medida en que son el fundamento para lograr los niveles de flexibilidad y versatilidad en la producción de bienes y servicios.

1. DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN: SU PAPEL ESTRATÉGICO EN LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

Santiago Ibarra Mirón
Universidad Central de Las Villas, Cuba

William Ariel Sarache Castro
Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales

INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la problemática que oscila alrededor de la competitividad en las empresas, como vía no solo para crecer y desarrollarse en el marco económico, sino también para poder sobrevivir en su sector de actividad. De hecho, hace ya algún tiempo, desde la Escuela de Negocios de Harvard se advertía a los directores de fábricas norteamericanas que para ser más competitivas y crear ciertas ventajas duraderas debían enfatizar en tres aspectos esenciales: 1. concederle una orientación al sistema y al proceso productivo; 2. reorganizar el sistema de producción en función de unas tareas o misiones estratégicas; y 3. reflejar tales misiones en la orientación competitiva de la empresa, y no solo derivarse de ella, sino también contribuir a su formulación e implementación.

Lamentablemente, durante un largo periodo la mayor parte de las empresas manufactureras han concedido escasa importancia a la fabricación, relegando esta actividad a un plano secundario en relación con el resto de áreas funcionales en lo relativo a la formulación de la estrategia competitiva de la empresa. Era común caracterizar la producción como una función eminentemente técnica, operativa, centrada exclusivamente en el logro de la máxima eficiencia y, en consecuencia, carente de cualquier consideración estratégica. Sin embargo, a partir de los años setenta, tanto en el contexto académico como en el empresarial, y en cierta manera influido por las propias condiciones del mercado, se comenzó a observar un cambio de actitud en relación con la función de producción.

Fue a partir de los trabajos de Skinner (1969) que surgieron diversas investigaciones empíricas y literatura acerca del tema, sugiriendo explícitamente que la fábrica puede también contribuir al éxito empresarial, apoyando la puesta en práctica de la estrategia competitiva y destacándose que la gestión estratégica de la fabricación no debe reducirse a la simple "neutralización" de los potenciales efectos negativos

que el proceso de producción pudiera ocasionar sobre el alcance de los objetivos empresariales y corporativos, sino que esta actividad puede y debe constituirse en un pilar fundamental de apoyo para la estrategia de negocio.

Por tanto, dado el dinamismo y la incertidumbre del entorno, resulta más necesario que nunca prestar mayor atención a la función de producción /operaciones, concibiéndola como una nueva fuente de creación de ventajas competitivas para la empresa, partiendo de reconocer su carácter realmente estratégico y tomando conciencia de su potencial contribución al éxito empresarial en general. Para fortalecer su papel, es preciso diseñar e implementar estrategias de fabricación que resulten coherentes con la misión empresarial global¹.

En este sentido, el presente capítulo pretende realizar una aproximación teórica y detallada al campo de estudio de la estrategia de producción /operaciones, a partir del análisis y contrastación de los aportes existentes, que permiten presentar un constructo sintético, pero a la vez exhaustivo, sobre las temáticas que lo componen.

En primer lugar, se expone una aproximación al concepto de dirección de la producción, vista como área funcional estratégica de la organización, y su influencia e importancia en el desempeño competitivo; en segundo lugar, se aborda el concepto estrategia de operaciones, haciendo énfasis en su formulación y contenido; el tercer apartado se enfoca al estudio de las denominadas prioridades competitivas como punto de partida para orientar las acciones competitivas de la función de producción. Por último, se aborda el conjunto de decisiones estratégicas relacionadas con la producción y su orientación, en función de las prioridades competitivas y la estrategia de producción/operaciones.

Para finalizar, es necesario señalar que el presente documento forma parte de un paquete de productos de investigación asociados a las actividades conjuntas de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, y la línea de investigación en Logística y Producción del grupo de trabajo académico en Innovación y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN / OPERACIONES

La función de producción se define como aquella parte de la organización encargada de transformar una serie de *inputs* iniciales (materias primas, energía, información, recursos humanos, entre otros) en un conjunto de *outputs* (bienes y servicios), a través de un proceso de conversión (transformación) que añade valor para el cliente

¹ En este punto se reconocen los aportes de Hayes & Wheelwright (1984), Ward et ál. (1994), Ward et ál. (1995), Gianesi (1998), Hayes & Pisano (1994), William et ál. (1995), Boyer (1998), Bartezzaghi (1999), Vickery et ál. (1993), Swamidass & Newel (1987), Roth & Miller (1992), Cleveland et ál. (1989), Roth & Miller (1990), Leong et ál. (1990), Maruchek et ál. (1990), Schroeder et ál. (1986), Corbett & Wassenhove (1993), Ferdows & De Meyer (1990), Miller et ál. (1992) y Flynn et ál. (1999), entre otros.

final. Este concepto ha sido sensible al paso del tiempo, de tal manera que la actividad productiva pasó de gestionarse como un sistema aislado o cerrado a tratarse como un sistema abierto que interactúa constantemente con funciones limítrofes de la empresa y con el entorno (Domínguez Machuca et ál., 1995).

De hecho, los denominados *outputs* han evolucionado desde concebirse solamente como productos físicos hasta considerarse en la actualidad como bienes y servicios, lo que motivó un cambio de nombre a la función de Dirección de Producción a Dirección de Operaciones que es la denominación más empleada hoy, aunque muchos autores prefieren definirla como Dirección y/o Administración de la Producción y de las Operaciones (Production and Operations Management, POM), que será la denominación que se empleará en este documento.

Para Heizer and Render (2001), la Dirección de Operaciones es la serie de actividades que llevan a la producción de los bienes y servicios a transformar los recursos en productos. Por su parte, Gaither & Frazier (2000) afirman que *“la administración de la producción y las operaciones es una interesante mezcla de prácticas provenientes del pasado, probadas con el transcurso del tiempo y de una búsqueda de nuevas maneras de administrar sistemas de producción”*.

Existen diferentes formas de estudiar e interpretar la administración de la producción y de las operaciones. Entre ellas, tres han tendido a dominar: producción como un sistema, producción como una función organizacional y producción como un conjunto jerárquico de decisiones (Gaither & Frazier, 2000; Krajewsky & Ritzman, 2000; Schroeder, 2004).

La producción como un sistema se sustenta en la teoría general de sistemas, que estudia las partes en función de un todo; en este sentido, un sistema de producción recibe insumos tales como materiales, fuerza de trabajo, energía, información, entre otros, y los transforma en bienes y servicios a través de la intervención del subsistema de conversión. Sobre este último actúa un subsistema de control que evalúa su desempeño para tomar los correctivos necesarios (véase figura 1.1).

Dado que en el sistema productivo pueden obtenerse bienes y servicios, la actividad productiva de una empresa no se refiere exclusivamente a una producción técnica en la que se fabrica un bien físico y, por tanto, cualquier proceso o conjunto de acciones susceptible de cubrir necesidades manifestadas por los consumidores, que proporcione un valor añadido, se podrá considerar como tal. Es decir, la creación de bienes, sea por extracción a partir de los recursos naturales o por manufactura industrial y la prestación de servicios de todo tipo, incluyendo el transporte, la comercialización, etc., serán consideradas actividades de producción/operaciones (Cuatrecasas, 1999). La producción supone un proceso transformador que añade valor y ello implica que el resultado del proceso debe ser algo útil, al menos en el sentido en que el cliente lo valore y acceda a pagar un precio mayor que el costo de los insumos (Tawfik & Chauvel, 1992; Riggs, 1998).

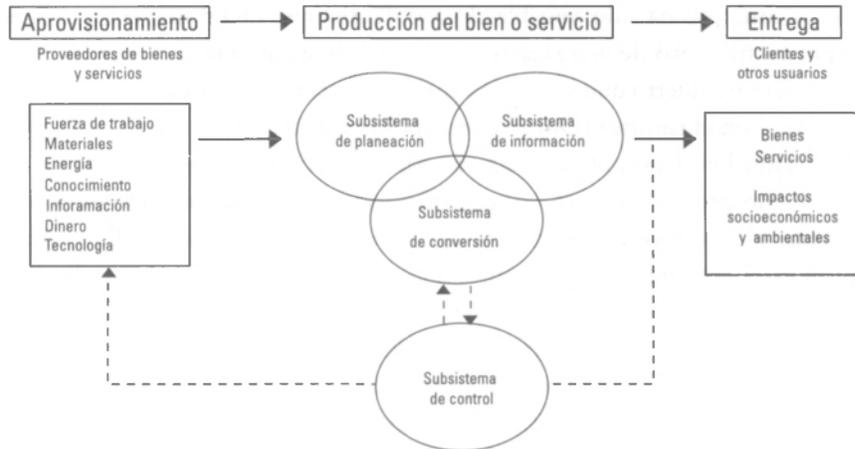


Figura 1.1 Esquema simplificado de un sistema de producción.
Fuente: Elaboración propia.

La producción, vista como una función organizacional, se centra en el conjunto de actividades administrativas que actúan sobre el subsistema de transformación. Bajo este enfoque, “el proceso de conversión está en el centro de la administración de la producción y las operaciones y de alguna manera está presente en toda la organización la actividad administrativa que rodea el subsistema de conversión” (Krajewsky y Ritzman, 2000).

Hoy en día se acepta que, para ser competitivos frente al reto global, no solo es necesaria una función de mercadotecnia y finanzas eficaces, sino también una poderosa función de operaciones trabajando en equipo con las demás funciones de la organización. La figura 1.2 expone el conjunto de actividades gerenciales que forman parte de la actuación en la función administrativa de la producción, ya sea en empresas públicas, privadas o mixtas; o en empresas industriales, comerciales o de servicios.

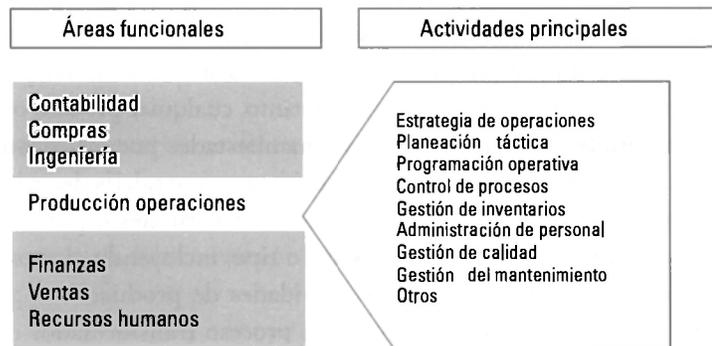


Figura 1.2 La administración de operaciones como función de la organización.
Fuente: Modificada a partir de Krajewsky y Ritzman (2000).

Finalmente, la producción vista como un conjunto jerárquico de decisiones aborda tres niveles de decisión (Domínguez Machuca et ál., 2005):

- Decisiones estratégicas: involucran las decisiones de largo plazo y alto impacto en la supervivencia empresarial en relación con los productos, los procesos, la tecnología, la capacidad, las instalaciones, la calidad, el recurso humano y el abastecimiento. En este nivel de decisión se responde a la estrategia competitiva de la empresa.
- Decisiones tácticas: abordan las actividades relacionadas con la planificación de la producción y el abastecimiento a mediano plazo, para cumplir los presupuestos de ventas. Este nivel se sustenta en la planeación agregada de los recursos necesarios para el logro de los objetivos trazados, manteniendo equilibrio entre los costos y los niveles de servicio deseados.
- Decisiones operativas: se enfocan a las actividades de corto plazo y de tipo cotidiano en relación con las entregas, la mano de obra, los inventarios y el control. En este nivel, se diseña en detalle el programa maestro de producción, el cual establece las cantidades a producir en el corto plazo en función de la capacidad disponible. Dicho plan es el insumo principal para la secuenciación de pedidos, la programación del día y las actividades de control de la producción.

Génesis del campo de estudio

Los conceptos que integran la administración de la producción/operaciones se encuentran en un permanente proceso de avance y evolución. En muchas escuelas de negocios y de administración de empresas se ha convertido en un curso de obligatorio conocimiento; esto se debe a que esta área afecta a todos los demás campos de desempeño de una empresa (Chase et ál., 2000; Domínguez Machuca et ál., 1995).

El estudio de la dirección de producción/operaciones, como campo del conocimiento, comienza con el surgimiento de la dirección científica a principios del siglo XX en manos de F. W. Taylor, a partir del desarrollo de los principios de la dirección científica. Posteriormente, Frank y Lillian Gilbreth, así como Henry L. Gantt, secundaron las aportaciones de Taylor con los estudios de movimientos, los conceptos básicos de la psicología industrial, los diagramas de programación de actividades, entre otros.

Así se inició este campo de estudio empresarial, el cual fue evolucionando hasta aparecer una de las mayores innovaciones tecnológicas de la era de las máquinas: la línea de montaje de Ford, que constituyó un acontecimiento emblemático al dar inicio a la fabricación en masa, lo que significó un hito en la consecución de la eficiencia y la productividad industrial.

Los avances matemáticos y estadísticos dominaron la evolución de la dirección de operaciones desde los días de Taylor hasta cerca de 1940. Una excepción fueron

los estudios de Hawthorne, realizados en la década de 1930 bajo la supervisión del sociólogo Elton Mayo, cuyos experimentos estaban diseñados para estudiar los efectos de ciertos cambios ambientales en la actividad productiva de los trabajadores de montaje de la planta de Western Electric en Hawthorne, Illinois. Los descubrimientos como este tuvieron gran trascendencia en el diseño de trabajos y en la motivación, lo que condujo, finalmente, a la creación de departamentos de dirección de personal y de relaciones humanas.

En el contexto de la Segunda Guerra Mundial surge la investigación de operaciones (IO) asociada a los complejos problemas logísticos y de diseño de sistemas de armamento, que, siendo de orientación matemática, reunió a profesionales de campos diversos como la psicología y la economía. La IO (o su sinónimo aproximado, ciencia de la dirección - *management science*) proporciona hoy varias de las herramientas cuantitativas que se emplean en la dirección de operaciones y en otras disciplinas empresariales.

A finales de la década de 1950 y principios de los sesenta se empiezan a escribir textos que se vinculaban específicamente con la dirección de operaciones como área separada de la ingeniería industrial o de la investigación de operaciones. Durante los años setenta una de las situaciones más importantes fue el uso difundido del ordenador para la resolución de problemas y tareas de fabricación, tales como el desarrollo de programas de software para solucionar problemas rutinarios de programación de taller, inventarios, distribución en planta, pronósticos y dirección de proyectos. Quizás uno de los avances más notorios e innovadores de este periodo fue el denominado sistema MRP (*materials requirements planning*).

A finales de los setenta y principios de los ochenta surge el paradigma de la *estrategia de fabricación*, desarrollado por investigadores de la Facultad de Administración de Empresas de Harvard. El trabajo realizado por los profesores William Abernathy, Kim Clark, Robert Hayes y Steven Wheelwright, basado en trabajos anteriores de Wickham Skinner, resalta la manera en que los ejecutivos de fabricación pueden emplear las capacidades de sus fábricas como armas competitivas estratégicas. Específicamente el paradigma identifica las formas en que pueden analizarse como variables estratégicas y tácticas los recursos directos de que dispone la fabricación: personas, plantas, partes, procesos y sistemas de planificación y control, conocidos como las "cinco P" de la gestión de la producción.

La década de los ochenta fue testigo de una revolución en las filosofías de dirección y de tecnología aplicada a la fabricación. La producción *just in time* (JIT) fue y es aún el mayor adelanto en la nueva filosofía de la fabricación. El JIT afecta a todas las funciones básicas de la empresa y se enmarca dentro de los conceptos de calidad total (*total quality management, TQM*); el enfoque adoptó como principio básico que los clientes fueran servidos en el momento preciso, en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y mediante un proceso de producción que utilizara el

mínimo de inventario posible (Isaac, 1985; Hay, 1988; Monden, 1990; Tompkins, 1992; Zhu & Meredith, 1995; Imai, 1996).

Paralelamente, en el marco de nuevos enfoques en la gestión de la producción, los aportes realizados por Goldratt & Fox (1994), Goldratt & Cox (1995) y Goldratt (1995) dieron lugar a la denominada manufactura sincrónica, la cual, enmarcada en lo que hoy se conoce como teoría de las restricciones, propuso un sistema de gestión basado en un conjunto de principios orientados a mejorar el desempeño del sistema productivo, a través de un esquema de fabricación denominado DBR (*drum, buffer, rope*). El sistema DBR se orientó a mantener controlado el flujo de materiales, evitando así la acumulación innecesaria de inventarios, al tiempo que se simplificaba notablemente la labor de programación y se concentraba en la maximización de un conjunto de indicadores de operación y de gestión.

Para esa época, y junto a las antes mencionadas filosofías, se dieron importantes aportes en materia de la automatización en sus diversas formas. Algunos términos como manufactura integrada por computador (CIM), diseño asistido por computador (CAD), manufactura asistida por computador (CAM), sistemas flexibles de fabricación (FMS) y fábrica del futuro fueron apareciendo y se convirtieron poco a poco en conceptos cotidianos para los profesionales de la gestión de operaciones. Por su parte, los sistemas MRP evolucionaron al MRPII (*manufacturing resourcing planning*), integrando la gestión de materiales con la planeación de la capacidad de producción y la gestión de pedidos.

En los años finales de la década de los ochenta y en toda la década de los noventa, se afianzó el paradigma de la estrategia de fabricación y se enriqueció con nuevas aportaciones teórico-empíricas². Las empresas de excelencia desarrollaron una actividad más dinámica de la dirección de operaciones, centradas en el enfoque al cliente, la globalización de sus operaciones (*global operations*) y la gestión de la cadena de abastecimiento (*supply chain management*).

Entender la historia de la dirección de operaciones proporciona los fundamentos para poder estudiar esta disciplina tal y como es hoy en día, así como prever su futura evolución y las futuras investigaciones. El interés que parece haber resurgido por los temas relacionados con los procesos de transformación y de adición de valor en el contexto de las organizaciones, responde a una manifiesta necesidad de mejorar la competitividad de las empresas. En este sentido, y sin menospreciar la contribución de otras funciones empresariales, la función de producción y, por extensión, la gestión logística, constituyen, hoy por hoy, dos poderosas armas competitivas, capaces de proporcionar ventajas competitivas duraderas.

² Tales son los trabajos desarrollados por Ferdows et ál. (1986), Miller & Roth (1988), Ferdows & De Meyer (1990), Miller, De Meyer & Nakane (1992) y De Meyer & Wittenberg-Cox (1994), entre otros.

La función de producción/operaciones y la competitividad empresarial

Al enfrentarse a presiones competitivas cada vez más fuertes, las empresas tienen una mayor necesidad de coordinar sus actividades y procesos principales en una estrategia coherente que integre todas y cada una de las perspectivas de sus áreas funcionales. No obstante, una característica típica del análisis estratégico es que las funciones individuales dominan los resultados estratégicos de las empresas. Esto, en parte, tiene su origen en la historia, tal y como se ilustra en la tabla 1.1; de cualquier manera, el resultado es que, muchas veces, el planteamiento de la estrategia empresarial no comprende las dimensiones de todas las funciones clave y la interrelación que existe entre estas (Hill, 1997).

Tabla 1.1 Cambios en el papel dominante de las funciones en el planteamiento de la estrategia de la empresa.

Periodo	Función típica	Razones
1945-1965	Producción/operaciones (POM)	Durante este periodo, en casi todos los sectores industriales la demanda mundial fue superior a la capacidad. Por lo tanto, las compañías podían vender todo lo que fabricaban y la función de producción/operaciones dominaba en el análisis estratégico.
1965-principio década de los ochenta	Mercadotecnia	Para mediados de la década de los sesenta, empezaba a restablecerse el desequilibrio entre la capacidad mundial disponible y la demanda mundial. El resultado fue que en la mayor parte de los mercados era cada vez más difícil vender los productos. De ahí el surgimiento del papel estratégico de la mercadotecnia, que ganó importancia a partir de ese momento.
Década de los ochenta hasta hoy	Mercadotecnia y finanzas	La recesión que tuvo lugar a finales de la década de los setenta y principios de los ochenta dio como resultado que muchas compañías experimentaran dificultades financieras y presenciaran gran cantidad de fracasos corporativos. Al ganar terreno, estos eventos estimularon el desarrollo de la función financiera-contable y su papel en el planteamiento estratégico.

Fuente: T. Hill (1997)³.

Al plantear una estrategia, muchas empresas no cuentan con la forma, y en ocasiones, ni con la disposición de incorporar algunas de las perspectivas funcionales necesarias para determinar una respuesta estratégica apropiada. Tal es el caso de la perspectiva productiva. Si bien la función de producción, tal y como se observa en la tabla 1.1, recibió una atención privilegiada en los inicios de la industrialización, más

³ Otros autores, como Martínez (1992) y Schonberger (1996), sitúan extensiones diferentes en cuanto a los periodos de protagonismo de cada una de las funciones, pero en general, y sin ánimo de buscar detalles históricos, todos concuerdan en la existencia de las tres etapas fundamentales antes referidas.

adelante dejó de ser crítica y la alta dirección de la empresa la relegó a un segundo plano (Starr, 1979). Desgraciadamente, durante los años sesenta e incluso en los setenta, pocos directivos y empresas occidentales se dieron cuenta de la importancia que puede tener el área productiva y las decisiones que en ella se toman. También se ha comprobado, con consecuencias fatales para muchas empresas, que cuando la dirección de operaciones es inadecuada y limita las posibles opciones estratégicas, puede arrastrar al fracaso empresarial. Como ya señalaba Skinner en 1969, la función de operaciones es como una herramienta de doble filo: o es un arma competitiva o es un lastre empresarial, pero raras veces es neutral.

En la actualidad, muchas son las empresas que aún consideran la producción como una actividad residual, eminentemente técnica, carente de perspectiva estratégica, con unos objetivos concretos a alcanzar y cuya responsabilidad compete únicamente a los directores de fábrica. Esta concepción de la producción/operaciones está plagada de mitos y suposiciones entre las que se pueden citar: a) la dirección de la fabricación es fundamentalmente responsabilidad de los ingenieros, b) las decisiones relativas a la mecanización de la fábrica son una tarea de los ingenieros industriales y de los especialistas en investigación operativa, c) la aproximación de sistemas y un alto nivel de conceptualización son sustitutos importantes de la experiencia y de los conocimientos, y d) el criterio principal para evaluar la actuación de la empresa es la eficiencia y el costo (Fernández, 1993).

Este planteamiento tradicional es cuestionable ya que supone ignorar las potencialidades de la capacidad tecnológica empresarial y las ventajas que de ella pudieran derivarse. Coincidimos con Hayes, Wheelwright & Clark (1988) en que son muchas las empresas que han descubierto cómo, frecuentemente, el "arma secreta" de sus temibles competidores no estaba basada en una mayor potencia comercial o una superior fuerza financiera, sino en la capacidad para elaborar sus productos de una forma más eficiente, más fiable y más precisa.

En los años ochenta un equipo de investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology), después de estudiar y analizar ocho sectores industriales, concluía que la recuperación de la industria norteamericana tenía que evolucionar desde utilizar la fabricación como una herramienta operativa hasta diseñar e implementar una estrategia de fabricación adecuada (Derouzos, Lester & Solow, 1989; citados por Martínez, 1992). Muchas empresas entendieron muy bien el mensaje (IBM, General Motors, Ford, Motorola, Hewlett-Packard, Black & Decker, 3M, Intel, Harley-Davidson, John Deere, Eaton, Xerox, Apple, Toyota, Volkswagen, Honda, Nissan, BMW, Sony, Daimler-Benz etc.) y se han convertido en empresas de excelencia en fabricación.

Durante la última década se presenciaron cuatro tendencias principales que continuarán teniendo un impacto significativo en las empresas manufactureras:

La primera tendencia es que la fabricación tiene que enfrentarse a un entorno cada vez más global (Dornier et ál., 1998). Para algunas empresas esto significa competir directamente con las empresas líderes en el mercado internacional. Para otras, las implicaciones de un entorno global incluirán la de ajustarse a normas y estándares globales, a las especificaciones de nuevos mercados, a nuevas legislaciones comerciales, así como a las necesidades locales de cada producto y región. La globalización de la fabricación plantea cuestiones específicas relacionadas con la gestión de redes de plantas internacionales, redes logísticas mundiales y la organización internacional de la producción.

La segunda tendencia observada es una demanda constante de mejora en el área de fabricación. Los principios de la simplificación, el justo a tiempo, la teoría de restricciones, la gestión de calidad total, la competencia basada en el tiempo, etc., son nociones básicas de fabricación en la década actual, pero no aquello con lo que la empresa pueda situarse por delante de sus competidores. Según Martínez (1992), la implicación de esta tendencia para las organizaciones es que no van a existir, a priori, unos principios de fabricación fijos que generen ventaja competitiva, sino que estas están obligadas a seguir un proceso de mejoramiento continuo.

Una tercera tendencia es el incremento de la formación del personal y el contenido científico de la fabricación. La función productiva se ha caracterizado tradicionalmente por su contenido empírico-práctico, sus actuaciones se han derivado del trabajo interno y han sido reacias a admitir cambios provenientes del exterior. Esta nueva tendencia implica que la empresa debe ahora enfatizar más que nunca en la formación del personal de fabricación, la contratación de personal cualificado, el intercambio con instituciones y departamentos universitarios y el desarrollo interno de programas de experimentación continua que propicien la creatividad, la innovación y se reflejen en un aprendizaje incremental.

La cuarta tendencia radica en la necesidad de lograr unos valores elevados de interdependencia de la función de fabricación con su entorno: clientes, proveedores y con el resto de las funciones de la empresa (integración en cadenas de abastecimiento). Más que nunca se precisa la eliminación de los filtros y barreras que impiden al área de producción/operaciones estar en contacto directo con su entorno tanto interno como externo. Para lograr la integración se hacen necesarias varias medidas, principalmente de tipo organizativo, que modifiquen la actual estructura y la modalidad de relaciones entre la función productiva con su entorno.

Niveles de eficacia en la función estratégica de las operaciones de manufactura

La fabricación puede desempeñar varios roles estratégicos en el contexto de crecimiento de una empresa. Wheelwright & Hayes (1985) proponen cuatro niveles secuenciales en la función estratégica de las operaciones de manufactura para apoyar

globalmente los objetivos de la corporación: internamente neutral, externamente neutral, apoyo o soporte interno y apoyo o soporte externo.

Nivel 1: Internamente neutral. En este nivel de desempeño estratégico, el sistema de producción y la función de operaciones contribuyen muy poco al éxito de la organización. Las empresas de este nivel suelen considerar el potencial de las operaciones de manufactura como el resultado directo de unas pocas decisiones estructurales sobre capacidad, instalaciones, ubicación, tecnología e integración vertical. Por lo general, la alta gerencia toma estas decisiones apoyada por consultores. Se otorga poca o ninguna importancia a problemas de infraestructura, tales como políticas de fuerza de trabajo, sistemas de planificación, sistemas de medición y mejora de procesos. El personal de producción de la empresa se hace cargo solo de las decisiones cotidianas del “día a día” y de “sacar la producción”. Tanto los trabajadores como la gerencia de operaciones se caracterizan por no tener mucha formación y preparación profesional.

Nivel 2: Externamente neutral. Este nivel supone también una especie de neutralidad de la función de fabricación, aunque en este caso estas empresas buscan una “neutralidad competitiva o externa” o, lo que es lo mismo, una paridad con los principales competidores del sector. Las empresas consideran la inversión de capital en equipo e instalaciones nuevas como el medio más eficaz para conseguir una posición temporal de competencia ventajosa y la obtención de economías de escala relacionadas con la tasa de producción como el factor más importante de eficacia productiva. Al igual que en las empresas del nivel 1, se recurre a fuentes externas para la introducción de mejoras tecnológicas en el proceso, y es más común comprar tecnología. La alta dirección considera que las decisiones de asignación de recursos son el medio más eficaz para resolver los grandes problemas estratégicos de fabricación.

Nivel 3: Apoyo interno. Las empresas de este nivel esperan que la función productiva apoye activamente y fortalezca la posición competitiva de la organización. Consideran la fabricación como un soporte interno en la consecución de sus objetivos, el cual proporciona procesos que apoyen totalmente las decisiones estratégicas de la empresa. El personal de fabricación tiene la autoridad para tomar las decisiones que se consideren pertinentes siempre y cuando sean consistentes y coherentes con la estrategia general de la empresa. Se desea que la fabricación sea creativa y la dirección adopta una visión a largo plazo. Los responsables de fabricación procuran en todo momento tener una visión más amplia de su papel e intentan comprender la estrategia general y los objetivos centrales a satisfacer; pero los jefes de fabricación solo están para apoyar la estrategia competitiva, y no para participar activamente en la formulación de la misma.

Nivel 4: Apoyo externo. En este nivel se espera que la fabricación y las operaciones contribuyan activamente en la formulación y desarrollo de la estrategia empresarial, convirtiéndose para esto en un elemento clave. Un ejemplo de este tipo de empresas

es Toyota, que ha construido su éxito, en gran parte, basándose en la calidad y eficiencia de sus procesos de desarrollo y manufactura.

Los cuatro niveles descritos forman parte de un proceso que indica el camino y el ritmo que una empresa debe seguir en su aspiración de potenciar la contribución de la función de fabricación. Whybark (1986) considera que estos niveles reflejan el incremento de la participación de la función de producción en el proceso de planificación, desde ser *internamente neutral*, que significa no estropear las cosas, hasta la última de *apoyo externo*, donde la producción actúa como socio activo en el proceso de planificación estratégica y busca formas de mejorar su capacidad para apoyar los objetivos de la compañía. Coincidimos con Conca & Molina (1998), quienes plantean que hasta que una empresa no alcance el nivel 3 no se puede afirmar que posee una estrategia de fabricación.

No obstante, las empresas situadas en los niveles 1 y 2, no necesariamente poseen sistemas productivos obsoletos. Es usual, sobre todo en el nivel 2, imitar estrategias de éxito, adoptando algunas de las nuevas tecnologías que han demostrado su utilidad en empresas líderes. Las innovaciones de proceso que con más frecuencia contribuyen a este cambio son JIT, MRP, DBR, CAD/CAM y CIM. Todo esto es positivo dentro de cierto marco de valoración, pero también entraña importantes desventajas (Mills et ál., 1995; Martínez, 1992).

La actuación de la función productiva en el nivel 4, generalmente se asocia en la literatura con el concepto de *manufactura de categoría mundial*, enfoque que se emplea para definir el objetivo superior de las operaciones de la empresa. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que esta perspectiva no tiene que ser la mejor para toda la empresa. Según Chase et ál. (2000), "... no siempre es deseable asumir una posición de *manufactura ofensiva que represente fuertes inversiones de capital para ser de categoría mundial o más japoneses que los japoneses*". La figura 1.3, a modo de resumen gráfico, representa las cuatro fases o etapas de actuación de las operaciones de manufactura en la estrategia general de la empresa.

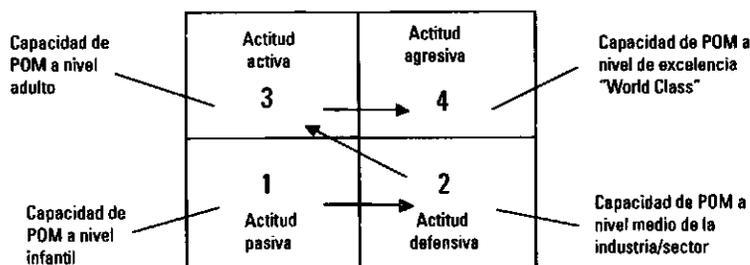


Figura 1.3 Fases evolutivas del papel estratégico de la fabricación dentro de la empresa de excelencia.

Fuente: Elaboración propia a partir de Martínez (1992) & Miltenburg (1995).

LA ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN/OPERACIONES

Como bien han destacado algunos autores en la literatura, la estrategia de negocio suele formularse y desarrollarse por planificadores estratégicos, planificadores de productos, personal de máquetin, directores financieros y directores generales, muchos de los cuales tienen poco conocimiento de la producción (Huge & Anderson, 1989). Esto es uno de los factores fundamentales que han motivado la falta de representatividad de fabricación en dicha estrategia general, y por la que la “no-escrita” estrategia de producción ha consistido generalmente en lo siguiente:

- ♦ Responder a los cambios de programación que requiera la demanda del mercado y a los cambios de diseño requeridos por máquetin e ingeniería.
- ♦ Reducir costos mejorando la productividad de la mano de obra directa. Mantener los stocks tan bajos como sea posible.
- ♦ Integrar verticalmente para generar el mayor número de horas de mano de obra directa. Comprar los materiales con los costos iniciales más bajos posibles.

Una primera aproximación al concepto de estrategia de producción/operaciones (MS: *manufacturing strategy*) estaría en definirla como un plan a largo plazo para la fabricación de los productos de la corporación (Schmenner, 1979). Un requisito fundamental de la estrategia de fabricación es que esta contribuya al logro de la estrategia de la unidad de negocio y a la estrategia corporativa (Stobaugh & Telesio, 1983; Hayes & Wheelwright, 1984). Para Domínguez Machuca et ál. (1995), la estrategia de producción/operaciones debe servir de guía para el resto del subsistema, facilitando las decisiones tácticas y operativas.

La estrategia de una empresa se concibe como la integración sistemática y coherente de las estrategias individuales de sus funciones componentes (finanzas, fabricación, máquetin, investigación y desarrollo, servicios, etc.). En una empresa con éxito, estas se interconectan para facilitar la máxima ventaja competitiva. Ninguna función se deja fuera y ninguna función domina (Miltenburg, 1995).

Así, la estrategia de fabricación puede entenderse como el patrón subyacente en la secuencia de decisiones a lo largo del tiempo. Cuando existe una estrategia de producción formal, las decisiones siguen una pauta clara y lógica, pero cuando falta, la pauta es errática e imprevisible. Para Miltenburg (1995), la esencia de la estrategia de fabricación es definir explícitamente cómo se formularán las decisiones para que la fabricación ayude a la empresa a lograr ventajas competitivas a largo plazo.

La no participación de la fabricación en las decisiones estratégicas y la no integración con las demás funciones de la organización conducen a la formación de conflictos interdepartamentales, donde cada uno tratará de primar por encima del resto,

y en definitiva los que realmente pierden con este comportamiento son la empresa y los clientes finales. Cambiar esta conducta y mejorar la comunicación e integración interdepartamental pasan sin duda por potenciar la función de producción, y esto solo es materializable a través de la estrategia de fabricación.

Modelos de investigación en la estrategia de fabricación

Los estudios acerca del carácter estratégico de la fabricación tienen su origen en los trabajos iniciales de Wickham Skinner a partir de 1969 con su primer título *Manufacturing – missing link in corporate strategy*. Este trabajo y los posteriores se desarrollaron con un propósito común: la gestión de la producción no tiene que reducirse a neutralizar los efectos negativos de la puesta en práctica de la estrategia empresarial, sino que debe contribuir a formularla y apoyarla, al menos en igualdad de condiciones que las restantes áreas funcionales. Los trabajos de Skinner y sus seguidores⁴ se centraron sobre todo en el propio contenido de la estrategia de producción y son prácticamente unánimes en considerar las prioridades competitivas y las principales políticas propuestas, agregadas en ciertas categorías de decisión. No obstante, el proceso de formulación no ha sido tratado con mucha profundidad, y aunque estaba latente en el texto de dichos trabajos, no se puede afirmar que se haya analizado de forma explícita. Esto ha llevado a que las investigaciones se hayan centrado solo en el contenido de la misma (Adam & Swamidass, 1992; Voss, 1992; Anderson et ál., 1989).

La distinción teórica entre contenido y proceso ha sido destacada por los autores en las últimas investigaciones y de cierta manera su aplicación a la función de producción ha generado cierta confusión. Por ejemplo, Swamidass & Newell (1987) consideran que el contenido de la estrategia de fabricación hace referencia al empleo de los recursos productivos para alcanzar ventajas competitivas, mientras que el proceso se refiere a la formulación, desarrollo e implementación de la estrategia de producción en relación con la estrategia competitiva. Por su parte, Anderson et ál. (1991) plantean que el contenido es el *qué* de la estrategia de producción y abarca los objetivos, las decisiones y el resultado final de la misma, mientras que el proceso es el *cómo*, es decir, las cuestiones relativas al análisis, organización y puesta en práctica de la estrategia de fabricación. En el mismo sentido, Marucheck et ál. (1990) diferencian la utilización de herramientas conceptuales para formular e implementar una hipotética estrategia de producción, de su definición y contenido.

En relación con el proceso de formulación, existen dos enfoques diferentes: el enfoque descendente, que se corresponde con el enfoque “jerárquico” según el cual

⁴ Entre los que se puede citar a Hayes, R. I.; Wheelwright, S. C. y Clark, K. B., profesores de administración de empresas de Harvard Business School, Estados Unidos.

la estrategia productiva se formula a partir de la estrategia competitiva y sirve de apoyo a su puesta en práctica. La lectura en el sentido inverso –ascendente– se corresponde con el enfoque “basado en los recursos”, en el que subyace la posibilidad del aprovechamiento de los recursos de producción como factor determinante de la orientación estratégica de la empresa.

Enfoque jerárquico

El enfoque jerárquico atiende a un planteamiento de “arriba-abajo” o *top-down* (véase figura 1.5); este es predominante en la literatura y en la práctica empresarial⁵. En él subyacen tres niveles esenciales de planificación estratégica: corporativo, competitivo (o de negocio) y funcional⁶. Bajo este enfoque, la estrategia determina los objetivos a largo plazo, el ámbito de negocio (gama de productos, mercados y servicios) y la forma de obtener ventajas competitivas (Garvin, 1993; Miltenburg, 1995). También se puede explicitar como el “patrón” de las principales metas y objetivos, así como las políticas y planes para conseguir dichas metas, establecidas de tal manera que definan en qué clase de negocio está o quiere estar la empresa y qué clase de empresa es o quiere ser.

Definida la estrategia competitiva, se formulan las estrategias funcionales, que deben ser congruentes entre sí y con la estrategia competitiva. Al formular la estrategia funcional, el director del departamento debe trabajar estrechamente con sus colaboradores clave, y a menudo tiene que relacionarse con los directores de otras funciones y con el responsable del negocio (Thompson & Strickland, 1992). El éxito en la mejora de la competitividad reside en la interacción y la coordinación total, tanto entre la estrategia de producción y la estrategia competitiva previamente definida (coherencia vertical) como entre la estrategia de producción y el resto de las estrategias funcionales (coherencia horizontal).

Una vez formuladas las tres estrategias (corporativa, de negocio y funcional), el siguiente paso consiste en consolidarlas siguiendo un orden ascendente. En primer lugar, se revisan las estrategias funcionales para asegurar que son consistentes entre sí y que apoyan la estrategia de la unidad de negocio; posteriormente, y de manera análoga a la anterior, se revisan las estrategias de las unidades de negocio; finalmente, se inicia la ejecución de los planes estratégicos (Hax & Majluf, 1984; Miltenburg, 1995).

La formulación de la estrategia de producción/operaciones se inicia con la definición explícita de la misión de la producción (enlace principal con la estrategia empresarial), la cual dará lugar a una jerarquía de objetivos estratégicos o también

⁵ Esta es la visión subyacente, entre otros, en los trabajos de Hayes & Schmenner (1977), Hayes & Wheelwright (1984), Romano (1983), Wheelwright (1984), Fine & Hax (1985), Swamidass & Newel (1987), Hall (1987), Anderson et al. (1989), Hill (1989, 1993), Groff & St. John (1990) y Stonebraker & Leong (1994).

⁶ Esta distinción aparece en la literatura acerca de la dirección estratégica (Hofer, 1975; Andrews, 1971; Hofer & Schendel, 1978; Wheelen & Hunger, 1983; Hax & Majluf, 1984).

denominadas prioridades competitivas de la función de producción/operaciones. Estas prioridades indican las actividades en las que debe centrarse la producción para dar soporte adecuado a la estrategia de la empresa.

Identificadas las prioridades competitivas, se desarrollan las políticas de producción en sentido amplio; estas surgen del análisis externo e interno así como de la tarea u objetivos asignados a la producción. Del planteamiento de Skinner (1974) se deduce una correlación total entre la prioridad competitiva elegida y las políticas a desarrollar; por tanto, la puesta en práctica de determinadas políticas solo permite alcanzar un objetivo concreto. Es decir, las políticas de producción deben concebirse, coordinarse y centrarse en aquella prioridad competitiva clave de la producción que es esencial para que la empresa (o unidad estratégica de negocio) triunfe dentro de su sector.

Definida la prioridad competitiva y delimitadas las políticas que la sustentan, es conveniente realizar un *benchmarking*, que consiste en analizar los productos, procesos y prácticas de gestión de los mejores competidores (dentro y fuera del sector de actuación) para adaptarlos a la cultura propia de la fábrica (Camp, 1989, citado por Avella et ál., 1999). Aquí, Garvin (1993) introduce el concepto de iniciativas estratégicas de producción SMI: Strategic Manufacturing Initiative, que permiten orientar el esfuerzo del área de manufactura con el propósito de conseguir una determinada mejora en un periodo de tiempo concreto. Estas iniciativas pueden aplicarse a toda la organización de manufactura y permiten alcanzar objetivos cuantitativos e hitos específicos. Finalmente, se efectúa un examen meticuloso de cada elemento del sistema de producción/operaciones. A continuación, se seleccionan y asignan los recursos necesarios para llevar a cabo las políticas elegidas, a la par que se desarrollan nuevas capacidades en producción y se mejoran las existentes; el proceso se completa con la puesta en práctica de los programas de implantación, controles, medidas de evaluación del rendimiento y procedimientos de revisión.

Sin embargo, el enfoque jerárquico ha sido criticado en el sentido de que, en cierta forma, omite la capacidad del área de producción para proporcionar ventajas distintivas a la empresa no solo a través de su estrecha correlación con la estrategia competitiva (es decir, sirviendo de apoyo a esta), sino como factor determinante de la misma. Así mismo, el modelo jerárquico asume de alguna manera que el problema de la estrategia de producción es un problema funcional, no de la unidad de negocio, de forma que esta se puede desarrollar internamente, aunque teniendo en cuenta que las estrategias y políticas del ámbito superior, e incluso del resto de áreas funcionales, actúan como parámetros y limitaciones que deben tenerse presente.

Para Conca & Molina (1998), el enfoque jerárquico, como alternativa para elaborar estrategias generales y de producción, no siempre es la opción más adecuada. En este sentido, se reconoce la posibilidad de seguir un proceso menos formalizado y más caótico en la elaboración de estrategias. Básicamente lo que se pretende es, en lugar de desarrollar planes y buscar después capacidades, crear primero capacidades

y posteriormente alentar el desarrollo de planes que las exploten. De esta manera surge el enfoque basado en recursos.

Enfoque basado en los recursos

Autores como Leong et ál. (1990) y Zahra & Das (1993) sugieren que los recursos de producción pueden constituir la esencia de la estrategia de negocio y convertirse en la variable competitiva clave. Así, los recursos y capacidades de fabricación pueden inspirar la orientación estratégica de la empresa; este es el argumento central de este enfoque que, a diferencia del anterior, construye la estrategia en sentido ascendente.

La teoría de los recursos, sobre la que se sustenta este modelo, postula que la ventaja competitiva no solo proviene de las condiciones de la demanda que permiten crear oportunidades para obtener rentas superiores, sino que también viene predeterminada por la oferta. En este sentido, Grant (1991) considera que una rentabilidad superior está asociada con la posesión de recursos estratégicos más que con las ventajas derivadas de la posición en un mercado, la elección de un segmento o la adopción de una estrategia genérica. El enfoque basado en los recursos también busca alcanzar una acertada combinación mercado-capacidad distintiva, aunque para ello se invierte la lógica del modelo jerárquico y se procede de la siguiente forma (Grant, 1991): 1. se analizan los recursos básicos de la empresa; 2. se estiman las capacidades de la empresa; 3. se analiza el potencial de beneficio de los recursos y capacidades (para el logro de la ventaja competitiva sostenible); 4. se selecciona una estrategia para la empresa y 5. se despliega y perfecciona el *stock* de recursos y capacidades, con el fin de sostener y ampliar las posiciones de ventaja competitiva.

Según este enfoque, la estrategia de fabricación sigue teniendo por objeto el desarrollo de capacidades distintivas. Sin embargo, la relación que mantiene con el ámbito estratégico superior difiere considerablemente del modelo jerárquico principalmente en que:

1. La definición de los negocios y objetivos de la unidad de negocio se fundamenta en las capacidades de la empresa más que en los mercados en que participa (Grant, 1991).
2. El desarrollo de las capacidades es un paso previo a la selección del modo de competir en los mercados. A partir de las capacidades distintivas de la empresa se buscan mercados donde explotarlas para convertirlas en ventajas competitivas (Conca & Molina, 1998).

La sostenibilidad de una ventaja competitiva depende de que los recursos sean difícilmente replicables. Este criterio subraya el papel del conocimiento como el activo estratégico más importante que posee una empresa (Quinn, 1992). Las empresas

deben estar comprometidas tanto con la adquisición como con la aplicación del conocimiento (Spender, 1992). La adquisición necesita individuos especializados en áreas específicas del conocimiento, mientras que la aplicación requiere combinar muchos conocimientos especializados (Demsetz, 1991).

Sin ánimo de ser exhaustivos, se exponen brevemente algunos recursos de producción que han proporcionado ventajas competitivas (Avella et ál., 1999): a) el tamaño, b) el acceso preferente (o exclusivo) a determinados factores productivos, c) los conocimientos tecnológicos relacionados con el proceso de producción, y d) las capacidades y habilidades de fabricación, sobre todo las basadas en el conocimiento.

Si se comparan ambos modelos, se puede observar que el jerárquico puede ser apropiado cuando la evolución del entorno es predecible y la ventaja competitiva se basa en recursos cuya adquisición (y liquidación) puede hacerse rápidamente respecto a los cambios del entorno (Conca & Molina, 1998). Por el contrario, cuanto más turbulento e impredecible sea el mercado, resultará más conveniente un modelo basado en los recursos, soportado en un conjunto de habilidades y/o competencias capaces de evolucionar y adaptarse a nuevos entornos.

La tabla 1.2 resume las principales características de los dos modelos actuales referentes al proceso de formulación e implementación de la estrategia de producción. Se reconoce que no hay ningún modelo que intrínsecamente sea superior al otro. Todo depende de las circunstancias particulares de cada empresa y, sobre todo, de la turbulencia e inestabilidad del medio.

Tabla 1.2 El modelo jerárquico y el modelo basado en los recursos.

Modelo	Estrategia de la unidad de negocio		Lógica	Entorno
	Base del negocio	Ventaja competitiva		
Jerárquico	Mercados (¿Qué necesidades?)	Adaptar capacidades a mercados	Fines-formas-medios	Predecible
Basado en los recursos	Capacidades (¿Qué podemos hacer?)	Buscar mercados donde explotar las capacidades	Medios-formas-fines	Turbulento

Fuente: Conca & Molina (1998).

Contenido de la estrategia de producción

Aunque se acepta que no existe acuerdo total sobre los puntos a decidir por el equipo encargado de elaborar la estrategia (Conca & Molina, 1998), distintos autores aprueban que el contenido de la estrategia se puede agrupar en dos grandes categorías (Leong et ál., 1990): 1. las prioridades competitivas basadas en las metas de la corporación o unidad de negocio y 2. las áreas de decisiones estratégicas de la

función de producción. La figura 1.4 es una síntesis de estas descripciones donde la terminología se ha cambiado un tanto para que sea consistente con la usada por Hayes y Wheelwright (1984).

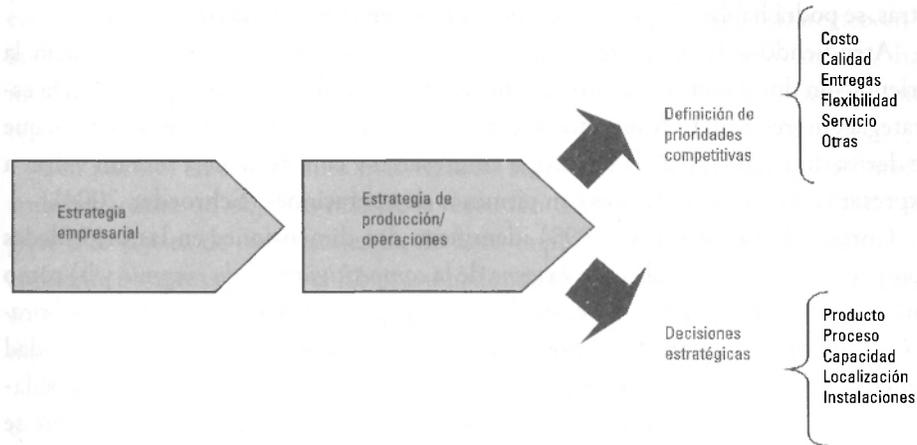


Figura 1.4 Modelo de contenido predominante en la literatura sobre estrategia de la producción.

Fuente: Elaboración propia a partir de Leong, Snyder & Ward (1990).

PRIORIDADES COMPETITIVAS

Antes de abordar este tema, es preciso destacar que se utilizan diversas denominaciones para referirse a las prioridades competitivas de la producción. En la literatura se usan indistintamente los términos *prioridades competitivas* (Leong et ál., 1990; R. Hayes & S. Wheelwright, 1984); *objetivos de producción* (Anderson et ál., 1989); *tareas de producción* (Skinner, 1974); *criterios de gestión* (Wheelwright, 1978); *metas de fabricación* (Miller, 1983); *variables competitivas* (Maruchek et ál., 1990); *criterios ganadores de pedidos* (Hill, 1989); *outputs de fabricación* (Miltenburg, 1995); *criterios mercadológicos para el éxito* (Voss, 1992; Adam & Ebert, 1991); *dimensiones competitivas* (Swamidass & Newell, 1987); *dimensiones de competencia* (Corbett & Wassenhove, 1993) y *misiones de fabricación* (De Meyer et ál., 1989). Aunque todas son correctas en el sentido en el que se utilizan, se prefiere usar el término misiones de fabricación; no obstante, para no contribuir más a la confusión, se emplearán, en el presente documento, indistintamente los términos misiones y prioridades competitivas.

La misión de fabricación es lo que la función de producción debe proveer y facilitar a sus clientes; es la respuesta productiva al comportamiento estratégico deseado por el nivel corporativo. Así, la verdadera cuestión se encuentra en el hecho de definir cuál

de las distintas misiones o prioridades que puede desempeñar la función productiva poseerá la mayor preferencia en el orden de satisfacer los requerimientos, necesidades y expectativas actuales y futuras de los clientes y el mercado en general. Se entiende que solo una vez que se ha asignado ese orden de preferencia, de unas en detrimento de otras, se podrá hablar de “*prioridades competitivas*” en la estrategia productiva.

Atendiendo a su nivel de agregación, las prioridades competitivas señalan la orientación dominante de la producción, al objeto de alinear su actuación con la estrategia empresarial. El resultado es lo que se denomina la *tarea* de producción, que se deriva directamente de la estrategia empresarial y con frecuencia será un volver a expresar la *misión* de la empresa en términos de operaciones (Schroeder, 2004).

Corbett & Wassenhove (1993) identifican dos dimensiones en las prioridades competitivas: a) como indicador *externo* de la *competitividad de la empresa* y b) como indicador *interno* del saber hacer en fabricación (*o sea de las capacidades de fabricación*). Ambas están estrechamente interrelacionadas, puesto que la competitividad depende de la eficacia de los atributos de los productos para satisfacer las necesidades del mercado y, a su vez, estos atributos tienen su origen en el modo en que se hacen las cosas en el área de producción.

Estas dos dimensiones en realidad están muy relacionadas; se puede decir que constituyen las dos caras de la misma moneda según se las observe con el prisma del máquetin o de la producción. Así, los atributos del producto que son visibles para el cliente –básicamente variables de máquetin (tales como precio, producto o lugar)– constituyen la dimensión externa de las prioridades, mientras que las medidas de las capacidades de producción (como el costo, la calidad y el tiempo) podrían ser la dimensión interna de los anteriores criterios de competitividad.

Las prioridades competitivas de fabricación deben ser significativas, realizables y duraderas. Para ser realizables, han de tener sentido para todas las secciones y departamentos de la fábrica; en caso contrario, no podrán compartirse ni permitirán unificar e integrar las tareas de producción (Hayes, 1986). Su formulación y comunicación no pueden tener éxito a menos que cada uno de los empleados las comprenda, las acepte y sea capaz de aplicarlas en su área de responsabilidad. Por otro lado, no han de ser inestables (cambio de énfasis en cortos periodos de tiempo: por ejemplo, en un año la calidad y al siguiente la eficiencia), pues se debilitaría el compromiso de los directivos y los trabajadores, pero deben tener una orientación dinámica.

Las prioridades estáticas sirven de normas y, en ese caso, los directivos solo se concentran en el control, es decir, en minimizar las variaciones respecto al valor objetivo. Debe pues existir un equilibrio entre la durabilidad y el dinamismo, ya que una prioridad con un marcado carácter dinámico persigue siempre el hábito de mejorar (Schonberger, 1991).

La literatura revisada revela que existe un alto nivel de acuerdo en cuanto al conjunto apropiado de prioridades competitivas para fabricación. Una visión general permite constatar la existencia de cuatro misiones o prioridades competitivas básicas en producción: costos o eficiencia, flexibilidad, calidad y entregas⁷. No obstante, en los últimos años se ha estado imponiendo un quinto objetivo estratégico en el área de producción y/u operaciones: *el servicio*. Por otro lado, algunos autores⁸ han incorporado en sus trabajos una nueva prioridad competitiva en fabricación: nos referimos a *la innovación*.

Así mismo, en la literatura más reciente se aboga por la integración del medio ambiente como un objetivo más de la dirección de operaciones; Sarkis (2001) sugiere que el área de operaciones ha de estar implicada en la protección del medio ambiente porque es ahí, en la fabricación, donde tiene su origen la mayor parte de la contaminación. Este planteamiento se enmarca en lo que Gaither & Frazier (2000) denominan la responsabilidad social de las empresas.

Finalmente, las prioridades competitivas se deben desagregar en unos objetivos detallados (prioridades desagregadas u objetivos operativos de manufactura) susceptibles de ser cuantificados, lo que facilita su medición, evaluación y el control de los resultados de los diferentes centros de responsabilidad del departamento de producción. Esta desagregación consiste en el desarrollo de una lista de acciones, mediante una descomposición y refinamiento de cada prioridad en sus elementos causales, que podrían conducir a la consecución de los objetivos superiores deseados. Conceptualmente, este proceso de descomposición es sencillo; no requiere nada más que un listado de causas y relaciones de efecto (Garvin, 1993) (ver tabla 1.3).

Tabla 1.3 Principales prioridades competitivas de fabricación y algunos criterios de medida.

Dimensión	Ejemplos de criterios de medida/atributos de operacionalización
Costo	<ul style="list-style-type: none"> • Costo unitario de producto. • Costo unitario de material. • Gastos de operación e inventario. • Rendimiento de materiales/procesos.
Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de defectos. • Costos de desechos y de trabajos reprocesados y garantías. • Calidad de materiales recibidos de proveedores.
Entregas	<ul style="list-style-type: none"> • Plazo de entrega ofertado. • Porcentaje de entregas en fecha (fiabilidad). • Tiempo de ciclo de tramitación de pedidos. • Retraso medio.

⁷ La investigación de Schroeder et ál. (1986) confirma empíricamente que estas cuatro misiones u objetivos de fabricación son las mejor valoradas por los directivos.

⁸ Leong, Snyder & Ward (1990), Miltenburg (1995), Mansfield (1981), Maidique & Hayes (1984) y De Meyer et ál. (1998).

Dimensión	Ejemplos de criterios de medida/atributos de operacionalización
Flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Número de productos en catálogo (tamaño de la oferta). • Tamaño mínimo de la orden de producción. • Tamaño medio del lote de fabricación. • Número de componentes intercambiables del producto principal.
Servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Número de productos adaptados/personalizados al cliente. • Índice (%) de clientes satisfechos. • Tiempo medio de reacción ante reclamaciones, reposiciones y/o reparaciones posventa.
Innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Números de cambios de ingeniería realizados por año. • Número de nuevos productos/procesos introducidos cada año. • Plazo de tiempo para diseñar nuevos productos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Leong et ál. (1990) y Miltenburg (1995).

Un asunto importante en la estrategia de producción radica en el problema de las incompatibilidades entre las prioridades competitivas de fabricación (*trade-offs*) –un *trade-off* significa conceder a una misión u objetivo de producción un tratamiento preferencial sobre las demás– cuyo principio básico está en evitar que un mismo sistema de producción posea más de una misión (Miller, 1983). Esta idea, como se desprende del trabajo de Skinner (1969), es que rara vez es posible que una planta consiga mejoras significativas en más de una o dos de las prioridades competitivas al mismo tiempo, pues requerirían políticas de producción radicalmente distintas.

En esta perspectiva, a las empresas que esperan derrotar a la competencia en todas las misiones posibles, les será difícil o imposible a causa de las actuales limitaciones tecnológicas y de otro tipo. Muchas empresas intentan hacer demasiadas cosas en la misma fábrica; el resultado se traduce en una planta que no hace nada particularmente bien. Esto es tolerable siempre y cuando los competidores se comporten de la misma forma. Sin embargo, cuando estos focalizan sus plantas en misiones concretas, las grandes plantas “no focalizadas” no pueden competir durante mucho tiempo (Miltenburg, 1995). Por ello Skinner (1974) sugiere la necesidad de *enfocar* los sistemas de producción (plantas) de forma que permitan concentrarse en la consecución de altos niveles en una de las mencionadas prioridades competitivas.

Sin embargo, este enfoque no refleja adecuadamente la realidad y tendencias actuales del mundo de la competencia (Conca & Molina, 1998). La ruptura más significativa con el modelo *trade-offs* se produjo a mediados de los ochenta, cuando los investigadores analizaron el éxito competitivo de las empresas japonesas y el nivel de rendimiento que conseguían en las diferentes misiones que se planteaban. Estas empresas se han apartado de la diagonal principal de la denominada “matriz producto-proceso”, con la ayuda de las nuevas tecnologías y nuevos enfoques organizativos en la producción.

En contraposición a Skinner, Hill (1989) y Miltenburg (1995) sugieren que la fábrica puede seguir al mismo tiempo más de un criterio competitivo; para tal fin debe definir aquellos que le permitirán alcanzar un desempeño inalcanzable por sus competidores (criterios ganadores de pedidos) y aquellos que le servirán para mantenerse en la media de la competencia (criterios cualificadores). Por su parte, Hass (1987) plantea que con mucha frecuencia se puede lograr una mejora sustancial en dos o tres objetivos al mismo tiempo. Banks & Wheelwright (1979) reconocen la existencia de una relación y no un conflicto entre objetivos a largo y a corto plazo.

De acuerdo con esta línea argumental, Huges & Anderson (1988) abogan por mejorar simultáneamente los diversos objetivos de competencia, ya que no son antagónicos y es posible alcanzarlos de forma concertada. Schonberger (1991) sugiere que es posible, realista y necesario mejorar continuamente la calidad, los costos, el tiempo de producción y el servicio a los clientes e igualmente es importante potenciar la flexibilidad.

Lo anterior parece poner en entredicho la idea de incompatibilidad o compromiso entre las diversas prioridades. ¿Querrá ello decir que el conflicto entre objetivos ya no existe y, por tanto, ya no tiene sentido definir una tarea para la producción? Reflexionando sobre estas ideas, Skinner (1992) llega a la conclusión de que "es absurdo suponer que una planta u operación de servicio puedan funcionar sin trade-offs". Lo que ocurre es que "conforme las tecnologías se desarrollan, y ello incluye tanto las tecnologías directivas como las físicas, las relaciones pueden cambiar". Por tanto, tan erróneo es considerar que las prioridades siempre se contraponen, como que siempre se apoyan; en realidad, las distintas variables pueden evolucionar en paralelo u opuestamente para distintos niveles o amplitudes. Respecto a estos planteamientos, algunos autores optan por seguir un proceso secuencial para el logro de los objetivos competitivos (Ferdows et ál., 1986; Miller & Roth, 1988; De Meyer et ál., 1989; Ferdows & De Meyer, 1990; De Meyer & Wittenberg-Cox, 1994). Según ellos, es preciso considerar la calidad, el plazo, el costo, la flexibilidad, e innovación como "prioridades que la empresa alcanza secuencialmente a lo largo del tiempo", más que como objetivos puntuales incompatibles entre los que se debe elegir.

Así, De Meyer & Wittenberg-Cox (1994) proponen un enfoque diferente denominado modelo secuencial de creación y aprovechamiento de las habilidades y destrezas en fabricación o modelo del "cono de arena" (véase figura 1.5). Desde esta perspectiva, el énfasis inicial debe realizarse en el objetivo calidad, para conseguir una producción de alta calidad y someter los procesos bajo control, y solo cuando el cono de arena haya crecido suficientemente (calidad a niveles satisfactorios) se puede empezar la inversión en el segundo estrato: regularidad en la producción y entregas fiables. Alcanzado un nivel satisfactorio en el objetivo entregas, se inicia la mejora en la flexibilidad, al tiempo que se perfeccionan los otros dos objetivos anteriores.



Figura 1.5 Modelo acumulativo de mejoras duraderas en fabricación o "cono de arena".
Fuente: Modificada a partir de De Meyer & Wittenberg-Cox (1994).

Solo cuando las habilidades en calidad, regularidad y velocidad de reacción son lo bastante fuertes, la empresa puede invertir en la fase final que es la reducción del costo. A criterio de De Meyer et ál. (1994), esto es extremadamente importante ya que, como destacan estos autores, "las mejoras duraderas en costos son la consecuencia, no la plataforma de lanzamiento, de otras mejoras y de la creación de destrezas y habilidades en fabricación". Este modelo, que se puede observar esquemáticamente en la figura 1.5, refleja que la caída de arena ensancha la base a medida que se eleva la altura.

Corbett & Wassenhove (1993) coinciden con la naturaleza dinámica del enfoque de cono de arena y lo proponen como la vía por la cual las empresas podrían dirigir sus programas de mejoramiento continuo. La secuencia "calidad-entregas-flexibilidad-costo" fue construida sobre la evidencia empírica. No obstante, estos autores reconocen que aunque la calidad puede ser una potente conductora del proceso, similar papel podría desempeñar el tiempo. Gestionando el tiempo, puede de hecho enfocarse la atención sobre problemas de calidad (e. g., reprocesos, retrabajos) y reducción de costes. Las capacidades de tiempo de ciclo rápido mejoran obviamente la flexibilidad y la innovación. Así, el tiempo y la calidad son dos caras de la misma moneda; ambos pueden ser poderosos conductores de los procesos de mejora competitiva. La elección dependerá de la situación particular. El costo, por otra parte, es visto cada vez más como un resultado, no como conductor del proceso (Corbett & Wassenhove, 1993).

DECISIONES ESTRATÉGICAS EN LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN/OPERACIONES

Para cumplir con los objetivos y la misión competitiva, es necesario establecer una serie de políticas que desemboquen en un patrón coherente para la toma de decisiones. Para tal fin, algunos autores han desarrollado diferentes listas de *áreas de decisión estratégicas en fabricación*. En la tabla 1.4 se muestran las cuatro listas más conocidas y divulgadas en la literatura; varios estudios demuestran que hay una estrecha correspondencia entre estas listas y las áreas de decisión usadas por los directivos de fabricación en las empresas (Schroeder et ál., 1986; Ward et ál., 1988). Las áreas de decisión se han dividido en dos grupos: áreas de decisiones estructurales y áreas de decisiones infraestructurales, ambas igual de importantes y juntas conformarán la estructura de la estrategia de producción que efectivamente está siguiendo la empresa.

Las decisiones de naturaleza estructural se caracterizan fundamentalmente por tener un impacto a largo plazo, por la dificultad en retroceder, o deshacerlas o modificarlas una vez que se han iniciado y estén en ejecución, y por el hecho de que precisan un monto de inversión importante en capital para llevarlas a cabo, modificarlas y/o ampliarlas. Están relacionadas con la tecnología de los procesos, las instalaciones y su capacidad productiva; y se vinculan a cambios radicales. En cambio, las de naturaleza infraestructural son consideradas decisiones más tácticas, abarcan muchas decisiones cotidianas y están relacionadas con aspectos operativos específicos de las empresas y no precisan grandes inversiones en bienes de capital; incluyen sistemas y procedimientos que se utilizan en la organización y se asocian a cambios incrementales.

Tabla 1.4 Áreas o categorías de decisión estratégicas en fabricación.

Tipo de decisión	W. Skinner (1974)	Buffa (1984)	Fine & Max (1985)
Estructural	Planta y equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad y localización. • Producto/tecnología de proceso. • Proveedores e integración vertical. 	Capacidad. Instalaciones. Procesos y tecnología.
Infraestructural	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación y control de producción. • Gestión y organización. • Personal y staff. • Diseño e ingeniería de producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implicaciones estratégicas de decisiones operativas. • Fuerza laboral y diseño de trabajos. • Posición del sistema de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad del producto. • Recursos humanos. • Perfil de nuevos productos.

Fuente: Leong, Snyder & Ward (1990).

Decisiones sobre el producto

En relación con el desarrollo de nuevos productos, en el pasado se consideraba que el área de producción no tenía nada que aportar al proceso de investigación y desarrollo; no obstante, muchas empresas contemporáneas reconocen dentro de su estrategia competitiva los impactos que las decisiones relacionadas con el producto generan en el sistema de producción/operaciones y, de manera específica, en un conjunto de decisiones estratégicas relacionadas con el proceso, la capacidad, la tecnología de fabricación, la localización de instalaciones, la distribución en planta y la logística de abastecimiento y distribución.

Para Dixon & Dufey (1990), el diseño de productos juega un papel de alta importancia en la competitividad empresarial por las siguientes razones:

1. Influye directamente en los costos, la calidad y los plazos de entrega.
2. El éxito comercial en el mercado depende en gran medida del producto.
3. Condiciona la configuración productiva que debe adoptar la instalación.
4. Influye en el comportamiento de los aspectos técnicos relacionados con el proceso.
5. Es un factor clave en la apertura de nuevos mercados y una gran fuente de mejora de la ventaja competitiva.

Para la dirección de producción/operaciones es importante aprender a predecir el comportamiento de los productos en el mercado, cuyo patrón se adecua, de manera general, al denominado ciclo de vida del producto. Según Domínguez Machuca et ál. (1995), este "... pretende recoger el hecho de que la mayoría de los productos atraviesa a lo largo del tiempo una serie de etapas, que se diferencian entre sí por la forma de crecimiento de las ventas en relación con el tiempo". El ciclo de vida del producto se da en cuatro etapas fundamentales: introducción, crecimiento, madurez y declive (Starr, 1979; Bessant et ál., 1987; Monks, 1991; Domínguez Machuca et ál., 1995; Schnarch, 2001). Un esquema ilustrativo de las mencionadas etapas se presenta en la figura 1.6.

El análisis del comportamiento del producto en cada etapa, se convierte en una herramienta importante para la estrategia competitiva empresarial y, por esta vía, para la estrategia de producción/operaciones. Una recopilación de los aportes de diversos autores, con relación al comportamiento del producto en el mercado, los cambios en el sistema empresarial y de fabricación y las estrategias a adoptar en cada etapa, se sintetiza en la tabla 1.5.

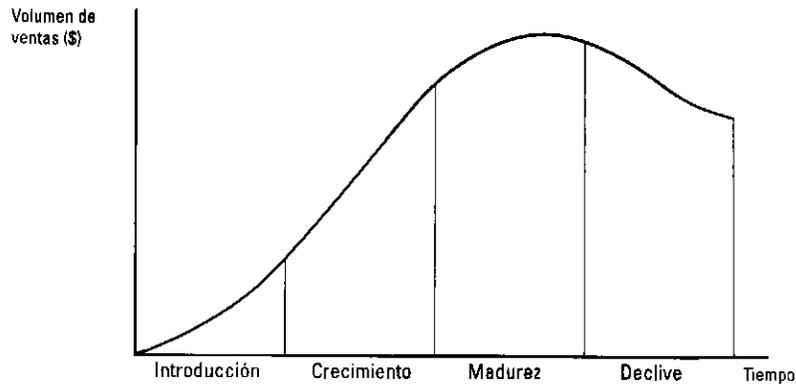


Figura 1.6 Ciclo de vida del producto.

Fuente: Elaboración propia a partir de Monks (1991) y Domínguez Machuca et ál., (1995).

Tabla 1.5 Características del ciclo de vida del producto y sus impactos en el sistema empresarial.

Etapa	Comportamiento del mercado	Impactos en la empresa	Estrategia
Introducción	En el mercado se presentan novedades del concepto y hay pocos competidores, el crecimiento de las ventas es lento y hay una débil imagen de marca.	La producción y las ventas inician su despegue. Se realizan grandes desembolsos destinados a continuar esfuerzos de investigación para el desarrollo del producto y mejoras en el proceso.	Los precios son altos y la gama de productos es reducida, la publicidad es limitada y la empresa se centra en el desarrollo de relaciones con clientes.
Crecimiento	Crecen las ventas y entran al mercado muchos competidores. Los precios inician su descenso, se recolecta mucha información acerca del comportamiento del consumidor.	La producción experimenta el periodo más alto de desarrollo y se realizan mejoras incrementales y actividades rutinarias de control de calidad. Se empieza a estandarizar el producto.	Los esfuerzos en publicidad e imagen son mayores, se presenta una mayor distribución y extensión de la gama de productos. Se intenta ajustar la capacidad de acuerdo con el crecimiento acelerado de la demanda.
Madurez	La competencia es fuerte y el crecimiento de las ventas es lento y/o bajo, ya que se estabiliza el mercado, el cual presenta una saturación pro-gresiva.	La tecnología es dominada y estandarizada y la producción alcanza su máximo, las ventas se estabilizan.	Se busca el posicionamiento del producto, siguen los esfuerzos de publicidad e imagen; la empresa implementa promociones y aumenta la distribución. Se intensifica la producción y disminuye la innovación.

Etapa	Comportamiento del mercado	Impactos en la empresa	Estrategia
Declive	En esta etapa no hay tantos competidores y cesa por completo el crecimiento en el mercado.	Las ventas y la producción caen, lo cual obliga a la empresa a retirar el producto del mercado, reemplazándolo por uno nuevo o uno rediseñado.	La empresa concentra sus esfuerzos en algunos segmentos, se colocan menos puntos de venta y los esfuerzos publicitarios y la gama son limitados.

Fuente: Compilación realizada a partir de los aportes de Starr (1979), Bessant et ál. (1987), Monks (1991), Domínguez Machuca et ál. (1995) y Schnarch (2001).

Para algunas empresas el desarrollo de habilidades en el diseño y desarrollo de nuevos productos se convierte en una de sus mayores fuentes de ventaja competitiva, en la medida en que estas son capaces de llegar primero al mercado con un producto novedoso o con mejores prestaciones que los de sus competidores⁹. Para tal fin, en los últimos años, las empresas que practican los principios de clase mundial (Schonberger, 1996) han adoptado como mecanismo de mejoramiento e integración de sus procesos internos el concepto de ingeniería concurrente (IC), también conocida como ingeniería simultánea.

Al-Ashaab (2002) define a la ingeniería concurrente como *“un enfoque integrado del desarrollo del producto que pone énfasis en las expectativas del cliente por medio de la producción de productos de alta calidad con mayor rapidez y menor costo. Apoya los valores del trabajo en equipo multidisciplinario, como son la cooperación, la confianza y el compartir e intercambiar los conocimientos y la información, de tal manera que la toma de decisiones durante la etapa de diseño, proceda con énfasis en la consideración simultánea de todos los aspectos del ciclo de vida del producto”*.

La IC utiliza un equipo multidisciplinar formado por especialistas en todas las actividades necesarias para el desarrollo, fabricación y comercialización de un nuevo producto, incluyendo asesores legales, expertos en finanzas, controladores de costos y de elaboración de presupuestos (De Meyer et ál., 1994). Estos trabajan simultáneamente en todas las etapas del proyecto y actúan conjuntamente de forma continua (Takeuchi & Nonaka, 1986). Otras tecnologías y metodologías que también involucran al área de producción en el desarrollo de productos son: diseño para la función (DFF), diseño para la fabricabilidad (DFM), diseño para el montaje (DFA), análisis del valor (VA), diseño para la calidad (DFQ) y diseño para el mantenimiento (DFMT) (Domínguez Machuca et ál., 1995; Groover, 1997).

⁹ Tal es el caso de los fabricantes de automóviles, computadores, equipos de oficina, electrodomésticos, etc., quienes enfrentan la necesidad de proteger su imagen de marca en un mercado agresivo con productos de alta tecnología.

Por otra parte, el enfoque de diseño modular altera también la filosofía de diseño del producto: en lugar de diseñar cada producto de forma separada, se trata de aprovechar los componentes, estandarizando módulos que sirvan para otros productos. De esta forma, es posible lograr reducciones de costos al fabricar elevados volúmenes de partes o componentes básicos que serán utilizados en el ensamblaje posterior de una gran diversidad de productos; también se facilita el proceso de diferenciación retardada (*personalización al final de la fabricación*) y se reduce el *time to market* de los nuevos productos.

Decisiones sobre el proceso

Para Domínguez Machuca et ál. (1995), el diseño del proceso abarca "... la selección de los inputs, operaciones, flujos de trabajo y métodos para la producción de bienes y servicios"; no obstante, además de los aspectos meramente técnicos, este incluye el análisis de aspectos como el sociológico, por su impacto en el comportamiento del factor humano y los niveles de cualificación requeridos; el económico, por los efectos en la estructura de costos y las necesidades de inversión; y el ambiental, por los impactos que la tecnología seleccionada puede generar en el medio ambiente (Schroeder, 1990).

Desde el punto de vista del nivel de elaboración que recibe el producto, los procesos se pueden clasificar en 1. procesos de conversión (Chase et ál., 2000), en los cuales se transforman las propiedades químicas de las materias primas hasta obtener un producto diferente como salida del sistema; 2. procesos de fabricación, en los que la materia prima y los insumos se transforman por medios mecánicos; y 3. procesos de ensamble, orientados a la unión de piezas y componentes (por medio de soldadura, tornillos u otro medio) para obtener un producto final. En relación con la estrategia de proceso, las empresas pueden optar entre alcanzar una elevada eficiencia o una alta flexibilidad, dos objetivos que se han considerado incompatibles durante mucho tiempo.

La máxima eficiencia se alcanza fabricando elevados volúmenes de productos homogéneos, favoreciendo el empleo intensivo de capital y trabajo. Este enfoque de la producción está fomentado por el uso de capital y trabajo altamente especializado. La alta flexibilidad, por el contrario, se logra con la utilización de máquinas de propósito general (versátiles) y personal cualificado que actúa con cierto grado de autonomía (Utterback, 1994). En este sentido, las configuraciones genéricas más recurrentes que se adoptan en los procesos de producción y que bien se pueden asimilar a sistemas de servicio, pueden ser de 3 tipos: por proyectos, por proceso y continua (Muther, 1981; Kalenatic & Blanco Rivero, 1993; Buffa & Sarín, 1995; Bera, 1996; Nahmias, 1997; Sarache Castro, 1999).

Existen también las configuraciones híbridas, que buscan conciliar la necesidad de alcanzar altos niveles de velocidad-eficiencia, a la vez que se mejoran los niveles de flexibilidad. De estas, la más generalizada es la configuración celular o células de manufactura¹⁰ (Sekini, 1992; Cheng et ál., 1995; Doerr & Magazine, 2000). Una clasificación más detallada, basada en los aportes de Domínguez Machuca et ál. (1995), se presenta en la figura 1.7.

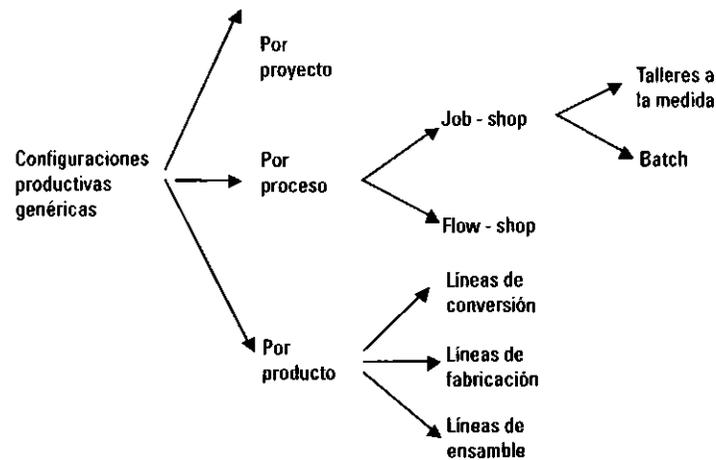


Figura 1.7 Clasificación general de las configuraciones productivas.
Fuente: Elaboración propia con base en Domínguez Machuca et ál. (1995).

En la *configuración por proyectos* se realizan generalmente las operaciones en el sitio donde va a quedar instalado el producto (e. g., puentes, barcos, aviones, edificios); este tipo de configuración es muy útil para mercados en los que se requieren productos “hechos a la medida” y que por tanto exigen alta “dosis” de flexibilidad en las operaciones. El nivel de automatización requerido para el desarrollo de un proyecto depende de la dificultad y el tipo de operaciones que se requiere (Lockyer, 1990); así, para trabajos pequeños, el nivel tecnológico requerido generalmente es bajo, lo que lleva a una organización de la producción simple; sin embargo, a medida que aumenta el nivel de complejidad del producto, se requiere mayor soporte tecnológico en el proceso y mayores capacidades de gerenciamiento del sistema productivo.

La adopción de una *configuración por proceso*, se recomienda cuando el mercado exige la fabricación de lotes de diversos productos en pequeñas cantidades que siguen una amplia diversidad de operaciones no estandarizadas en la misma instalación; en este caso, el sistema productivo debe ser muy flexible al cambio de producto y, por

¹⁰ Los sistemas modulares, de amplia aceptación en la industria de la confección, son una forma de sistema celular.

tanto, se deben desarrollar habilidades para fabricar un lote y realizar los ajustes requeridos a la maquinaria en el menor tiempo posible para realizar un nuevo montaje (Sarache Castro, 1999).

Los niveles de flexibilidad requeridos en el proceso pueden llevar a dos tipos de configuraciones específicas: la configuración en *job-shop*, cuando el flujo de producción exige una amplia gama de opciones personalizadas que dificultan la adopción de un patrón de flujo común; esta, a su vez, puede darse a manera de talleres altamente flexibles, poco estandarizados y muy artesanales o en *batch*, cuando se requiere cierto nivel de especialización. Por otro lado, existen las configuraciones tipo *flow-shop*, cuando la instalación se orienta a la fabricación de una gama de productos que siguen un patrón de flujo más o menos similar. Esta configuración permite lograr un buen acercamiento a las características de la fabricación enfocada al producto.

Para la fabricación de altos volúmenes de un solo producto o unos pocos productos muy homogéneos, lo recomendable es la adopción de una *configuración enfocada al producto*. En esta son posibles altos niveles de estandarización y automatización en las operaciones y de especialización en la mano de obra y la maquinaria disponible, logrando así altos niveles de eficiencia y menores costos de producción por unidad. No obstante y a pesar de los beneficios que se logran a través de las economías de escala, este tipo de configuración requiere mayores niveles de inversión, por lo cual su viabilidad financiera está supeditada a la penetración rápida del producto en el mercado, hasta llevarlo y sostenerlo en una fase de madurez, mediante grandes esfuerzos de publicidad y mercadeo.

Dentro de la estrategia de producción/operaciones, la selección de la configuración productiva está íntimamente ligada a la estrategia de producto y a las prioridades competitivas que la organización haya definido. Las relaciones entre la estrategia del producto y la estrategia del proceso se presentan de manera clara en lo que se ha denominado la matriz de producto-proceso, propuesta por Hayes & Wheelwright (1979).

A dicha matriz, que se constituye como una poderosa herramienta para definir la estrategia de operaciones y por ende la ventaja competitiva que se desea alcanzar, le subyacen dos principios básicos (Domínguez Machuca et ál. 1995): el primero se refiere a la existencia de una fuerte interdependencia entre el producto y el proceso y sus consecuentes efectos en los niveles de costo, calidad, plazo y flexibilidad, y el segundo, a la necesidad de que las configuraciones productivas puedan evolucionar de manera escalonada en función de las exigencias del mercado y la evolución del producto en su ciclo de vida. Un esquema de la mencionada matriz se expone en la figura 1.8.

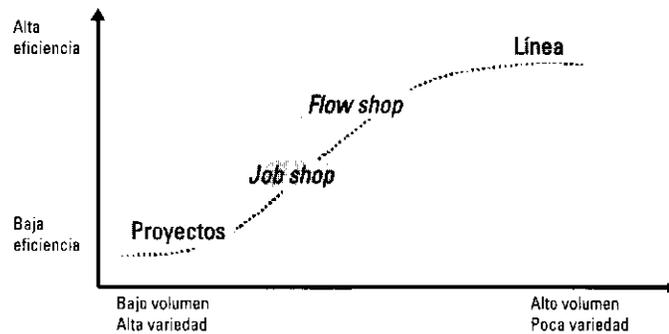


Figura 1.8 La matriz de producto-proceso.

Fuente: Elaboración propia basada en los aportes de Hayes & Wheelwright (1979), Krajewsky & Ritzman (2000) y Heizer & Render (2001).

Decisiones sobre la capacidad

La capacidad se define como la máxima cantidad de productos o servicios (*outputs*) por periodo que puede obtenerse con los recursos actuales en condiciones de operación normales y, por tanto, está relacionada con la cantidad y variedad de productos fabricados¹¹ (Tawfik & Chauvel, 1992; Bufa & Sarín, 1992; Chase et ál., 2000). La dirección debe elegir entre fabricar una gran variedad en pequeños volúmenes para satisfacer a la mayoría de los segmentos del mercado o, por el contrario, fabricar una pequeña variedad en volúmenes considerables para atender segmentos de mayor dimensión. Es preciso que el volumen previsto de *outputs* supere la capacidad de equilibrio con vistas a rentabilizar la producción y que las fábricas se diseñen de acuerdo con un óptimo de explotación.

Las decisiones de capacidad influyen en el tamaño y la localización de las plantas, a través de las estrategias de expansión y/o contracción de la capacidad. Ello se relaciona con la eficiencia de las máquinas, la mano de obra disponible y sus niveles de cualificación, la disponibilidad de materia prima y otros recursos para la producción, el nivel de calidad exigido por el cliente, la demanda actual y futura, la administración de los recursos y la configuración productiva de la planta, entre otros. En este sentido, para Monks (1991), es necesario diferenciar entre dos conceptos fundamentales: la capacidad de diseño y la capacidad real del sistema¹².

¹¹ La capacidad y el tamaño (o dimensión), aunque están relacionados, son dos conceptos diferentes que se confunden con facilidad. La capacidad está relacionada con la cantidad y la variedad de productos fabricados (o sea el *mix*), mientras que el tamaño incluye, además de los productos, el número de componentes y/o actividades que se realizan en la fábrica.

¹² La primera se refiere a la cantidad de productos o servicios que, en condiciones ideales de funcionamiento, puede ofrecer el sistema de operaciones; la segunda contempla la posibilidad de pérdidas de capacidad por factores difícilmente previsibles en el diseño, tales como cambios en el *mix* de productos, mayores exigencias en la tolerancia de calidad, desequilibrios inherentes a la maquinaria y la mano de obra, etc.

Desde el punto de vista estratégico, el diseño de la capacidad define en gran medida el futuro competitivo de la empresa, pues una mala selección de la capacidad puede llevar a dos situaciones no deseables: capacidad en exceso o capacidad deficiente. En el primer caso, los costos fijos de operación generarían un impacto negativo en la viabilidad financiera de la organización; en el segundo, la empresa se vería en dificultades para responder a crecimientos inesperados en la demanda, con la consecuente pérdida de participación en las ventas o la generación de sobrecostos como horas extras, mano de obra adicional, etc., que igualmente afectarían el costo de producción de la empresa.

Asociado a lo anterior, es importante entonces definir el nivel óptimo de diseño y explotación de la capacidad (NOE); es decir, aquel volumen de producción en el cual el costo total de fabricación unitario es el menor posible, tal como se ilustra en la figura 1.9. En esta, el NOE representa el punto en el cual la explotación de la capacidad disponible es máxima. A la izquierda de dicho punto, el costo aumenta en razón a que los costos fijos deberán ser asignados a un menor número de unidades (subexplotación); a la derecha, la empresa se verá en la necesidad de incurrir en incrementos temporales de capacidad que pueden resultar en sobrecostos (sobreexplotación) que, de persistir, obligarán entonces a tomar decisiones de expansión de la capacidad.

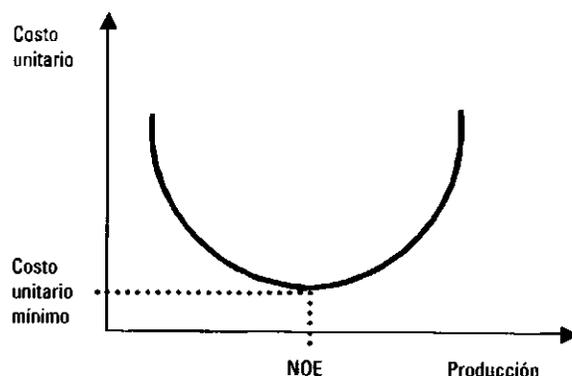


Figura 1.9 El nivel óptimo de explotación de la capacidad (NOE).

Fuente: Elaboración propia a partir de Buffa & Sarin (1995) y Domínguez Machuca et ál., (1995).

Por lo tanto, la dirección debe establecer claramente, en sus objetivos de largo plazo, las necesidades de crecimiento de la instalación; tal decisión debe estar íntimamente ligada a las proyecciones de penetración de mercados; sin embargo, para algunos negocios, la estimación de la demanda a largo plazo no es una tarea fácil y el panorama de ventas se presenta de una manera altamente confusa y poco fiable. Por tal razón, la planificación de los aumentos de capacidad puede darse mediante la adopción de una de las siguientes alternativas: estrategia expansionista, estrategia

conservadora y estrategia intermedia (Heizer & Render, 2001). La figura 1.10 ilustra gráficamente cada una de estas alternativas.

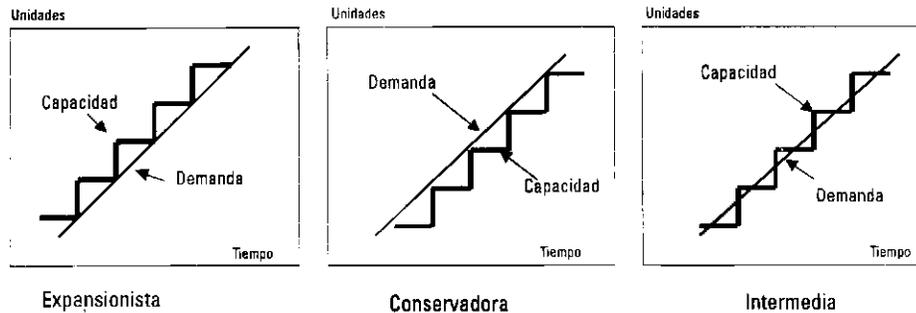


Figura 1.10 Estrategias para el incremento de la capacidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de los aportes de Domínguez Machuca et ál. (1995) y Heizer & Render (2001).

Decisiones sobre instalaciones

Dentro de las decisiones de tipo estratégico en la función de operaciones, la localización de instalaciones constituye una de las de mayor relevancia, por el alto impacto que la elección del sitio para una nueva instalación o el traslado de una existente tienen sobre la inversión inicial y los costos de operación; así mismo, dependiendo del sitio seleccionado, se pueden obtener ventajas competitivas reflejadas en la reducción de costos logísticos (abastecimiento, distribución, almacenaje, etc.) y en aumento del nivel del servicio al cliente (Martinich, 1997; Russell & Taylor, 1998; Ballou, 1999).

El problema de seleccionar un lugar para una nueva instalación se circunscribe a dos categorías principales: la ubicación de fábricas y la ubicación de almacenes (Chase et ál. 2000); no obstante, en la actualidad, la ubicación de instalaciones de servicio, tales como hospitales, estaciones de gasolina, centros de recreación, etc., ha alcanzado una importancia significativa con el desarrollo del denominado sector terciario de la economía. En aproximación a Domínguez Machuca et ál. (1995), las principales causas que generan la necesidad de abordar las decisiones de localización se pueden resumir de la siguiente manera:

- ♦ Mercado en expansión que obliga a abrir nuevas instalaciones o mercado en contracción que obliga al cierre y/o al traslado de las existentes.
- ♦ Introducción de nuevos productos y servicios.
- ♦ Agotamiento de la fuente de materia prima.
- ♦ Obsolescencia de la instalación actual.

- Cambios en otros recursos (servicios públicos, mano de obra, infraestructura vial) o cambios en las condiciones climáticas, sociales o políticas.
- Fusiones empresariales.

Así mismo, la creciente globalización económica provoca que las empresas tiendan a la formación de redes de fábricas internacionales situadas en diversos países principalmente con tres propósitos: 1. acceder a los factores de producción de bajo coste, 2. acceder a nuevos mercados y 3. acceder a los recursos tecnológicos locales.

Por otro lado, y dependiendo del tipo de organización, de las ventajas competitivas que se persigan y de las limitaciones de recursos existentes, la selección del sitio para el traslado o construcción de una nueva instalación se puede ver afectada, en mayor o menor medida, por una serie de factores diversos (véase figura 1.11), convirtiendo el problema en una decisión de tipo multicriterio, en la cual el factor costo debe ser ponderado junto con otros factores de tipo cualitativo de igual o mayor importancia en la decisión.

Existe una amplia diversidad de métodos aplicables a la solución de problemas de localización, que de acuerdo con Ballou (1999), se pueden enfocar a la solución de un problema de localización simple (una sola instalación) o a un problema de localización múltiple (varias instalaciones). Desde la óptica del procedimiento empleado, Domínguez Machuca (1995) agrupa los métodos de localización en tres grandes categorías: métodos exactos, métodos heurísticos y métodos de simulación.

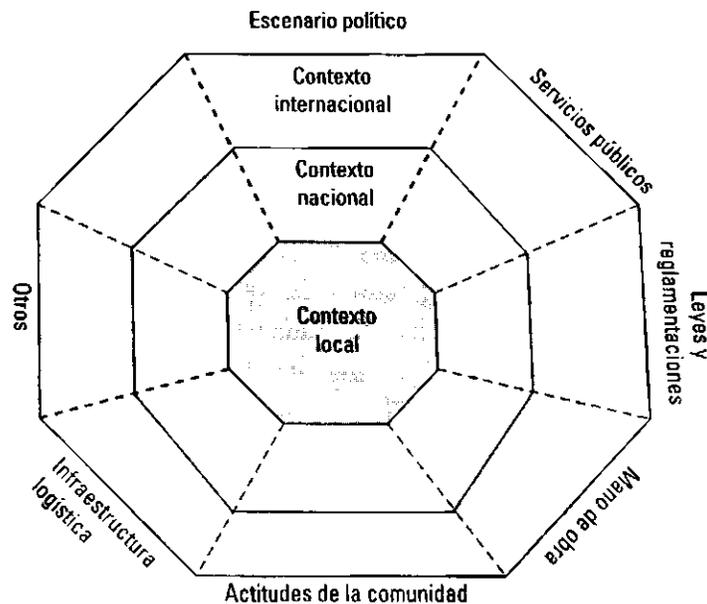


Figura 1.11 Algunos factores que influyen en las decisiones de localización.

Fuente: Elaboración propia.

En lo relacionado con la *distribución de las instalaciones*, esta se convierte en la última de las decisiones de diseño del sistema productivo y consiste en establecer la posición exacta que cada uno de los elementos que intervienen en la fabricación y demás áreas de la organización deberán ocupar dentro de la instalación. En este sentido, las decisiones de distribución en planta exigen el estudio sistemático e integral de los siguientes factores fundamentales: el material, la maquinaria, el personal, el movimiento, las esperas, los servicios auxiliares, el edificio y el cambio (Muther, 1981).

En lo que respecta al diseño detallado de la distribución del sistema de producción/operaciones, el resultado final está fuertemente ligado a la configuración productiva seleccionada. Así, en el caso de la fabricación por proyectos, la disposición espacial recomendada es por posición fija; en ella, los materiales, las personas y los equipos confluyen alrededor del producto. Para las configuraciones por proceso, se debe adoptar una distribución en la cual las máquinas se agrupan de acuerdo con la función que desempeñan en el proceso. En el caso de la fabricación orientada al producto, es necesario diseñar una distribución en línea, de tal forma que a través de un adecuado balanceo de las operaciones se logre un aprovechamiento óptimo de los recursos y la mejor explotación de las instalaciones.

Decisiones sobre la logística

Muchas empresas han perseguido la integración vertical, desarrollando internamente el mayor número posible de actividades con el fin de alcanzar economías de escala y minimizar costes de transacción; asimismo, han mantenido relaciones de oposición con sus proveedores o subcontratistas, en la medida en que negocian la reducción de precios, adquiriendo los componentes suministrados por un gran número de proveedores y fomentando la competencia entre ellos (Stuckey & White, 1993), lo cual, en la actualidad, se considera como una mala práctica administrativa.

Al respecto, cobra gran importancia el enfoque logístico dentro del diseño de una estrategia de operaciones, como agente generador de valor que surge de la preocupación de las empresas por dar respuesta a las crecientes demandas de los clientes, donde se exige una fuerte integración de la tríada proveedor-empresa-cliente a través de lo que se ha denominado logística integrada (Prida & Gutiérrez, 1996; Ballou, 1999) o administración concertada (Christopher, 2000).

De acuerdo con Houlihan (1988), en el concepto de integración logística, el alcance de las metas se da a través de una buena integración de la organización en una cadena de suministro, “... como si fuera una red de agua, buscando al mismo tiempo reducir la longitud de la tubería y aumentar la velocidad del flujo a través de ella”. Para lograrlo, las empresas deben involucrar en su estrategia el tránsito por un camino de tres etapas: la integración funcional de cada área de la organización, la integración interna entre las áreas funcionales formando una cadena de suministro interna y

la integración externa entre los proveedores, la cadena de suministro interna y los clientes (Krajewsky & Ritzman, 2000).

El concepto de logística ha evolucionado en el tiempo y existe un amplio "inventario" de definiciones, tal como lo demuestran los aportes de Langley (1986), Comas Pullés (1996) y Gutiérrez & Prida (1998). Sin embargo, una de las definiciones más aceptadas es la establecida por el Council of Logistic Management (CLM)¹³, el cual la define como "el proceso de planificación y control eficiente del flujo de materias primas, inventarios en curso, productos terminados, servicios e información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo, con el fin de satisfacer las necesidades del cliente". Con respecto a esta definición, es necesario precisar que el flujo de materiales, en todos los casos, no termina en el cliente, pues en ocasiones es necesario recoger mercancías obsoletas, devoluciones, envases y embalajes, cuya circulación física se da en sentido contrario, es decir, desde el cliente hasta la empresa, a través de lo que se ha denominado logística en reversa (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).

Resulta indiscutible, entonces, la importancia del enfoque logístico en la estrategia de operaciones, pues cualquiera que sea esta, necesariamente debe involucrar las actividades de aprovisionamiento y la distribución hacia el cliente. En dichas actividades, la logística ofrece un campo importante para lograr ventajas competitivas, especialmente en lo que respecta a la reducción de costos, plazos de entrega, flexibilización de operaciones y servicio (Christopher, 1994; Ballou, 1999; Krajewsky & Ritzman, 2000; Lambert et ál., 1998; Bowersox & Closs, 1996).

Por otra parte, las empresas también tienden a subcontratar cada vez más actividades (*outsourcing*), de forma que solo realizan internamente aquellas actividades de su cadena de valor que proporcionan alguna ventaja competitiva, es decir, un valor fuera de lo común a sus clientes (Quinn & Hillmer, 1994). En este sentido, se observan las siguientes tendencias (Burt, 1989; García, 1995):

- a) Incremento de la actividad industrial subcontratada al exterior o, lo que es lo mismo, reducción de los niveles de integración vertical.
- b) Reducción del número de proveedores directos de cada materia prima o componente.
- c) Establecimiento de relaciones de colaboración a largo plazo con los proveedores (*comakership*).
- d) Recepción de los pedidos de forma frecuente, en pequeñas cantidades y en el momento que se requiere su incorporación en el proceso de fabricación (abastecimiento JIT).
- e) Colaboración con los proveedores en el diseño y mejora de la calidad de los componentes.

¹³ Citada en: Ballou (1999).

Decisiones sobre la gestión y la organización

En algunas fábricas las tareas están altamente fraccionadas y especializadas, definidas de forma rígida y realizadas de manera independiente (sin la perspectiva del todo). En ellas predomina la delimitación estrecha de las actividades a realizar por los trabajadores, quienes repiten constantemente un número ilimitado de tareas rutinarias y permanecen en un mismo puesto de trabajo el mayor tiempo posible, con el fin de conseguir las ventajas derivadas de la experiencia y la especialización.

Se definen de forma precisa las competencias del puesto y existe una estructuración jerárquica de control, autoridad y comunicación. Se supone que la jerarquía posee la información y los conocimientos, y se valora más la especialización que los conocimientos generales. Bajo estas pautas, las fábricas se organizan de manera burocrática, con gran número de normas y procedimientos que deben ser cumplidos de forma estricta; asimismo, se mantienen numerosos niveles jerárquicos, fluyendo las decisiones de arriba abajo (*top-down*), por lo que los trabajadores tienen poca autonomía en sus puestos de trabajo. En este tipo de fábricas se considera el sistema de producción como un centro de costes y se mantiene un estilo directivo autocrático, apoyado en la autoridad y la sanción, que utiliza personal de apoyo para que lo asesore en las actividades de planificación y programación.

Por el contrario, la estructura organizativa de determinadas fábricas se caracteriza por la escasa formalización, con una redefinición constante de las tareas y una alta interdependencia entre ellas. Se trata de plantas y/o fábricas poco jerárquicas, que asumen que los conocimientos para solucionar problemas están repartidos por toda la organización, por lo que están escasamente centralizadas y favorecen la comunicación tanto horizontal como vertical. Se aprovecha intensamente la *expertise* de los niveles inferiores de la estructura. Tienen una alta complejidad y conceden a los compromisos con las tareas y los objetivos de la organización un valor mayor que a la lealtad y la obediencia. Estas fábricas consideran el sistema de producción como un centro de beneficios y tienen un estilo de dirección participativo y motivador. Así mismo, la estructura organizativa orgánica favorece y sustenta la puesta en marcha de la reingeniería de procesos, tal como describen Hammer & Champy (1993).

Decisiones sobre el recurso humano

En algunas fábricas, las políticas de recursos humanos tienden a fragmentar el puesto de trabajo, separando el hacer del pensar; definen las tareas con exactitud y asignan una responsabilidad individual (Niebel, 1982). Los salarios se estructuran en función del puesto de trabajo, son principalmente fijos y contemplan la antigüedad. Se utilizan procedimientos uniformes de evaluación con objeto de controlar el desempeño del trabajador. Las relaciones entre empresario y trabajador

son de enfrentamiento y los contratos son explícitos, rígidos y a corto plazo. Solo se transmite al personal la información estrictamente necesaria; las sugerencias de los empleados tienen escasa repercusión.

Se considera a los trabajadores como un costo variable y son susceptibles de ser despedidos sin ningún reparo cuando las circunstancias así lo requieran y exijan (*down-sizing*) (Bruton et ál., 1996). Las contrataciones se realizan según las necesidades, sin que haya trato preferencial para ex empleados. La selección del personal la realiza de forma centralizada el departamento de recursos humanos, atendiendo a procedimientos técnicos y valorando exclusivamente las cualificaciones y los conocimientos profesionales. La formación es de tipo individual y específica para el puesto de trabajo. En suma, la gestión del personal se basa en la sumisión del trabajador a la empresa y no tiene en cuenta estrategias más integradas y basadas en aspectos sociopsicológicos (Avella et ál., 1999).

Otras empresas optan por implementar una política de personal muy diferente a la anterior, que incluye, entre otras, las siguientes peculiaridades: los trabajadores desempeñan una amplia variedad de tareas y trabajos y están dotados de la necesaria polivalencia y multioficio (*ampliación del trabajo*); los trabajadores rotan por diferentes puestos y operaciones, de forma tal que adquieren *expertise* y aprendizaje en varias actividades distintas; se hace énfasis en las acciones preventivas para reducir y evitar errores; la toma de decisiones es en gran medida descentralizada, dotando a los operarios de mayor autonomía y responsabilidad, no solo en la ejecución de las operaciones, sino también en su diseño (*enriquecimiento del trabajo*); se hace énfasis en los programas de formación, y el personal se convierte en el verdadero activo fijo de la empresa; se enfatiza el trabajo en equipo, en detrimento del individual.

Los sueldos tienden a ser variables y en función de las cualificaciones que posea el personal y del rendimiento obtenido; no solo existen incentivos individuales, sino que también se incentiva el rendimiento del trabajo en equipo; existe un compromiso serio de evitar el despido y hay un apoyo continuado a los empleados cesados; la selección del personal atiende a la adecuación del candidato a la cultura de la organización, con participación activa del supervisor y del equipo de trabajo al cual se incorporará.

Finalmente, predomina una gestión orientada hacia las personas y el proceso, y los contratos laborales son implícitos, flexibles y con perspectiva a largo plazo. Estas políticas, que afectan a la gestión de los recursos humanos y, en consecuencia, a la estructura organizativa de las empresas, subrayan la importancia de la cultura de la empresa en la creación de una ventaja competitiva a través del desarrollo del conocimiento, a la par que hacen hincapié en los mecanismos que aumentan el compromiso del trabajador con la organización; estas prácticas se suelen denominar *empowerment* (Robinson, 1997; Gómez et ál., 1998).

Decisiones sobre la calidad

En algunos sistemas de producción, el control y la garantía de la calidad se centran en la reducción de los defectos que incorporan los productos que llegan al cliente final. En este sentido, la dirección se centra en la producción y el control de la calidad y tiene por objetivo inspeccionar los productos y reducir los defectos. La responsabilidad de la calidad es de tipo funcional y recae básicamente en el departamento de calidad (Stuart et ál., 1996), que depende invariablemente del director de producción o de ingeniería, por lo que tiene escaso poder dentro de la organización (Garvin, 1983).

Sin embargo, las fábricas tienen la opción de adoptar un enfoque de la calidad centrado en la empresa y con base en el proceso; se trata de evitar los defectos reduciendo al máximo todo tipo de errores en la ejecución de las tareas. Este planteamiento atiende tanto a las necesidades del cliente externo como a las del cliente interno. Para ello, se delega en el operario la responsabilidad del control de la calidad de los productos que transforma y del mantenimiento de los equipos que están bajo su control. El departamento de control de la calidad se ocupa fundamentalmente de las tareas de apoyo y de la formación y su director puede tener el rango de vicepresidente o al menos depender directamente del director de fábrica (Garvin, 1993).

Esta gestión se basa en la inspección preventiva y se hace hincapié en la mejora continua para perfeccionar las características técnicas de los productos actuales, reducir los costos de producción y, en general, incrementar la productividad (Bessant et ál., 1994). La dirección valora las aportaciones del personal en la solución de problemas de calidad; para ello, facilita su participación a través de los círculos de calidad y los buzones de sugerencias. También tiende a considerar que la calidad es más una función del buen diseño que del control en la línea de producción (Taguchi & Clausing, 1990).

Decisiones sobre la planificación y el control de la producción

Respecto a la planificación y control de la producción, se puede optar entre la descentralización y la centralización. Con la descentralización, la alta dirección emite una directriz inicial indicando qué productos habrán de fabricarse en cada lugar y delega en los directores de fábrica la planificación de las existencias necesarias para atender los pedidos de los clientes y de otras fábricas. En la centralización, la alta dirección toma decisiones utilizando datos agregados, decisiones que orientan y limitan las que se adoptan en el siguiente nivel.

En la planificación y control, la fábrica puede optar entre un sistema de empuje (*push*) o un sistema de arrastre (*pull*). El sistema *push* más empleado en la actualidad es el sistema de planificación de las necesidades de manufactura (MRP II), que inicia la producción anticipándose a la demanda futura. El MRP II desintegra

todo el proceso de fabricación de los productos en sus operaciones componentes formando la ruta de procesamiento; luego prevé la demanda, el tiempo necesario para satisfacerla y los materiales requeridos. El MRP II ordena fabricar de acuerdo con la entrega programada del producto final, por lo que es necesario disponer de una previsión de la demanda de cada producto y que el número de todos y cada uno de los productos o componentes sea exacto (Vollmann et ál., 1997). Un sistema más completo e integrador, que incorpora otras áreas funcionales de la empresa, es el denominado MRP III.

El sistema *pull* opera en función de la demanda en cada momento del tiempo. Es una producción donde la demanda tira o arrastra el sistema de producción, de tal forma que se tiende a no fabricar nada sin existir previamente un requerimiento expreso del cliente (bien sea el consumidor final o el proceso siguiente en la cadena de operaciones). La producción se planifica para un corto periodo de tiempo y se tiende a reducir y a eliminar, de ser posible, los inventarios de materiales iniciales, en curso y de productos terminados (Shingo, 1989; Ohno, 1988). El sistema *pull* más conocido es el *just-in-time* o la *producción ajustada*, como también se denomina.

Por otro lado, en la literatura especializada de los últimos años se ha venido desarrollando de manera amplia un nuevo concepto aplicable a la gestión de la producción: la manufactura sincrónica (MS); esta se soporta dentro de los principios y fundamentos de lo que se ha denominado Teoría de las Limitaciones (*Theory of Constraints, TOC*), ampliamente explicada en las obras de Goldratt & Cox (1995), Goldratt & Fox (1994) y Goldratt (1995), entre otros. Sin embargo, según el propio Goldratt, tal vez son Umble & Srikanth (1995) los autores que mejor han descrito en su obra las enseñanzas de TOC aplicadas a la manufactura, y según los cuales, la MS "... es un concepto de amplio rango para administrar la manufactura, que está formado por un grupo de principios, procedimientos y técnicas congruentes, con los cuales se evalúa cada acción en términos de la meta general de la empresa".

Los aportes de la MS a la gestión de operaciones se orientan a la aplicación de una serie de siete principios, que inicialmente se desarrollaron bajo lo que se denominó tecnología de producción optimizada (*optimized production technology, OPT*), que de acuerdo con varios autores (Schroeder, 2004; Narasimhan et ál.; 1996; Vollmann et ál., 1997), es una técnica de programación y control orientada a la detección de las restricciones del sistema de fabricación y cuyo resultado es la obtención de un programa maestro de producción factible (*master production scheduling*).

Es preciso destacar que, en fin, el sistema de planificación y control de la producción que se decida implementar dependerá, fundamentalmente, del tipo de sistema o configuración productiva que se adopte en la fábrica.

RESUMEN

La función de producción/operaciones se define como aquella parte de la organización encargada de transformar una serie de *inputs* iniciales en un conjunto de *outputs* (bienes y servicios), a través de un proceso de conversión (transformación) que añade valor para el cliente final. De acuerdo con los aportes de los diversos autores referenciados, se acepta que existen tres formas dominantes para abordar el estudio de la producción y las operaciones: 1. la producción como un sistema, 2. la producción como una función organizacional y 3. la producción como un conjunto jerárquico de decisiones.

Por otra parte, las tendencias económicas han presionado cada día más a las organizaciones empresariales a centrar sus esfuerzos en la mejora simultánea de un conjunto amplio de factores de desempeño que, necesariamente, llevan a una intervención decidida en el sistema de producción/operaciones como elemento generador de ventaja competitiva. No obstante, en dependencia de la estrategia que adopte cada empresa, el papel de la producción en la búsqueda de ventaja competitiva puede ser internamente neutral, externamente neutral, de apoyo interno o de apoyo externo. En este último actúan las denominadas empresas de clase mundial.

Las empresas de clase mundial se han caracterizado por desarrollar un conjunto de capacidades competitivas centradas en una actuación proactiva de la función de producción como arma estratégica competitiva. Tales capacidades se logran gracias al desarrollo de una efectiva estrategia de producción/operaciones integrada a la estrategia corporativa. La estrategia de producción/operaciones se define como un plan a largo plazo para la fabricación de los productos de la corporación.

Su proceso de construcción se puede orientar de dos maneras, en dependencia de las complejidades del medio competitivo: 1. a través de un enfoque jerárquico que despliega un conjunto de proyectos de desarrollo e inversión para alcanzar altos desempeños competitivos y 2. a partir del desarrollo de un conjunto de competencias distintivas, centradas en recursos clave, que permitan ganar ventaja en mercados específicos.

Finalmente, el contenido de una estrategia de operaciones se sustenta en dos pilares fundamentales: las prioridades competitivas, en las cuales se establecen los criterios o factores clave que deben potenciarse para cumplir con las exigencias del cliente (precio, calidad, plazo, etc.), y las decisiones estratégicas, las cuales dan soporte a la estrategia de producción/operaciones a partir de la intervención en un conjunto de elementos del sistema de fabricación relacionados con los productos, los procesos, la tecnología, la capacidad, las instalaciones, la calidad, el recurso humano, entre otros.

REFERENCIAS

1. Adam, E. E. & Ebert, R. J. (1991). *Administración de la producción y las operaciones*. Prentice-Hall.
2. Anderson, J. C.; Cleveland, G. & Schroeder, R. G. (1989). «Operations Strategy: A Literature Review». *Journal of Operations Management*, vol. 8, No. 2, pp. 1-26.
3. Anderson, J. C.; Schroeder, R. G. & Cleveland, G. (1991). "The Process of Manufacturing Strategy: Some Empirical Observations and Conclusions". *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 11, No. 3, pp. 86-110.
4. Andrews, K. R. (1971). *The Concept of Corporate Strategy*. Irwin, Homewood. Illinois.
5. Avella, L.; Fernández, E. & Vázquez, C. J. (1999). "Proceso de planificación y contenido de la estrategia de producción". *Papeles de Economía Española*, No. 78-79, pp. 161-178.
6. Ballou, R. (1999). *Business Logistic Management. Planning, Organizing and Controlling the Supply Chain*. Fourth edition. Prentice Hall. New Jersey, USA.
7. Banks, R. Y. & Wheelwright, S. C. (1979). "Operations versus Strategy – Trading Tomorrow for Today". *Harvard Business Review*, mayo-junio, pp. 112-120.
8. Bartezzaghi, E. (1999). "The Evolutions of Production Models: Is a New Paradigm Emerging?". *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 19, No. 2, pp. 229-250.
9. Bera, H. (1996). *Computer Aided Scheduling (CAS) and Manufacturing*. Segundo seminario internacional sobre sistemas avanzados de manufactura. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
10. Bessant, J. & Bernal, C. (1987). "Innovación: estrategias para la automatización del diseño y la producción en los países del Grupo Andino (primera fase). Planificación, selección y desarrollo de sistemas CAD". Junta de Acuerdo de Cartagena. Lima.
11. Bessant, J.; Caffyn, S.; Gilbert, J.; Harding, R. & Webb, S. (1994). "Rediscovering Continuous Improvement". *Technovation*, vol. 14, pp. 17-29.
12. Bowersox, D. J. & Closs, D. J. (1996): *Logistical Management*. McGraw-Hill International Editions, Singapore.
13. Boyer, K. K. (1998). "Longitudinal linkages between intended and realized operations strategies". *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 18, No. 4, pp. 356-373.
14. Bruton, G. D.; Keels, J. & Shook, C. L. (1996). "Downsizing the Firm: Answering the Strategic Questions". *Academy of Management Executive*, vol. 10, No. 2, pp. 38-44.
15. Buffa, E. & Sarin, R. (1995). *Administración de la producción y de las operaciones*. Editorial Limusa, México, D. F.
16. Burt, D. N. (1989). "Managing Suppliers Up to Speed". *Harvard Business Review*, pp. 127-135.
17. Chase, R. B. & Aquilano, N. J. (1994). *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. 6ª ed. McGraw Hill-Irwin.
18. Cheng, C. H.; Kumar, A. & Motwani, J. (1995). "A comparative examination of selected cellular manufacturing clustering algorithms". *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 15, No. 12, pp. 86-97.

19. Christopher, M. (1994). *Logística y aprovisionamiento. Cómo reducir costos, stocks y mejorar los servicios*. Biblioteca de Empresa. Ediciones Folio, Barcelona, España.
20. 20. Christopher, M. (2000). *Logística. Aspectos estratégicos*. Editorial Limusa, México, D. F.
21. 21. Cleveland, G.; Schroeder, R. G. & Anderson, J. C. (1989). "A Theory of Production Competence". *Decision Sciences*, vol. 20, pp. 655-668.
22. 22. Cónas Pulles, R. (1996). "La logística. Origen, desarrollo y análisis sistémico". *Revista Logística Aplicada*, No. 1. La Habana, pp. 3-9.
23. 23. Conca, F. J. & Molina, H. (1998). *La administración de las operaciones y la competitividad empresarial*. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Alicante.
24. 24. Corbett, C. & Wassenhove, L. V. (1993). "Trade-offs? What trade-offs? Competence and Competitiveness in Manufacturing Strategy". *California Management Review*, vol. 35, p. 107.
25. 25. Cuatrecasas, Ll. (1999). "Gestión de la producción: aspectos estratégicos"; en Álvarez, J. L. et ál. (eds.), *Lo que se aprende en los mejores MBA. Gestión 2000*, pp. 307-356, Barcelona.
26. 26. De Meyer, A.; Nakane, J.; Miller, J. G. & Ferdows, K. (1989). "Flexibility: the Next Competitive Battle". *The Manufacturing Futures Survey. Strategic Management Journal*, vol. 10, pp. 135-144.
27. 27. De Meyer, A. & Wittenberg-Cox, A. (1994). *Nuevo enfoque de la función de producción*. Ed. Folio.
28. Demsetz, H. (1991). "The Theory of the Firm Revisited"; en O. E. Williamson & S. Winter (eds.), *The Nature of the Firm*. Oxford University Press, New York.
29. Dixon, J. R. & Duffey, M. R. (1990). "The neglect of engineering design". *California Management Review*. Winter.
30. Doerr, K. & Magazine, M. J. (2000). "Design, coordination and control of hybrid factories. Research issues from an exploratory field study". *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 20, No. 1, pp. 85-102.
31. Domínguez Machuca, J. A.; García, S.; Domínguez Machuca, M. A.; Ruíz, A. y Álvarez Gil, M. J. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos*. McGraw-Hill de España, Madrid.
32. Dornier, P. P. (1998). *Global Operations and Logistics*. John Wiley, New York.
33. Ferdows, K.; Miller, J. G.; Nakem, J. & Vollmann, T. (1986). "Evolving global manufacturing strategies: Projection in to the 1990's"; en Twiss, B. (ed.). *Operations Management in the 90's*. MCB, University Press, Bradford.
34. Ferdows, K. & De Meyer, A. (1990). "Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In Search of a New Theory". *Journal of Operations Management*, vol. 9, pp. 168-184.
35. Fernández, E. (1993). *Dirección de la producción. Fundamentos estratégicos*. Civitas, Madrid.
36. Fine, C. H. & Hax, A. C. (1985). "Manufacturing Strategy: A Methodology and an Illustration". *Interfaces*, vol. 15, No. 6, pp. 28-46.
37. Flynn, B. B.; Schroeder, R. G. & Flynn, E. J. (1999). "World-Class Manufacturing: An Investigation of Hayes and Wheelwright's Foundation". *Journal of Operations Management*, vol. 17, pp. 249-269.
38. Gaither, N. & Frazier, G. (2000). *Administración de la producción y operaciones*. 8ª ed. Thompson Editores. México, D. F.

39. García, J. M. (1995). "La subcontratación: hacia delante, ¿con marcha atrás?". *Alta Dirección* (182).
40. Garvin, D. A. (1988). "Competir en las ocho dimensiones de la calidad". *Harvard Deusto Business Review*, 2º trimestre, pp. 37-48.
41. Garvin, D. A. (1994). "Planificación estratégica de la producción". *Harvard Deusto Business Review*, núm. 59, pp. 71-85.
42. Gianesi, I. G. N. (1998). "Implementing Manufacturing Strategy Through Strategy Production Planning". *International J. of Operations & Production Management*, vol. 18, núm. 3, p. 286-299.
43. Gómez-Mejía, L.; Balkin, D. B. & Candy, R. L. (1998). *Gestión de Recursos Humanos*. Prentice-Hall.
44. Goldratt, E. M. & Cox, J. (1995). *La meta. Un proceso de mejora continua*. Ediciones Castillo, México D. F.
45. Goldratt, E. M. & Fox, R. (1994). *La Carrera*. 2ª ed. Ediciones Castillo, México D. F.
46. Grant, R. M. (1991). "The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation". *California Management Review*, vol. 33, No. 3, pp. 114-135.
47. Groff, G. K. & ST. John, C. H. (1990). "Fundamentals for Developing Manufacturing Strategy"; en Dean B. V. & Cassidy J. C. (eds.) *Strategic Management Methods and Studies*. Elsevier Science Publishers B. V., North-Holland.
48. Groover, M. (1997). "Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas". Primera Edición, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, D. F.
49. Gutiérrez Casas, G. & Prida Romero, B. (1998). *Logística y distribución física*. Serie McGraw Hill del Management. Editorial McGraw-Hill, Madrid, España.
50. Hay, E. (1988). *Justo a tiempo. La técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Editorial Norma, Santa Fe de Bogotá.
51. Hall, R. W. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence*. Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois.
52. Hammer, M. & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation*. Harper Business, New York.
53. Hass, E. A. (1987). "Breakthrough Manufacturing". *Harvard Business Review*, marzo-abril, pp. 75-81.
54. Hax, A. C. & Majluf, N. S. (1984). "The Corporate Strategic Planning Process". *Interfaces*, vol. 14, núm., enero-febrero, pp. 47-60.
55. Hayes, R. H. & Schmenner, R. W. (1977). "How Should you Organize Manufacturing?". *Harvard Business Review*, vol. 55, núm. 1, pp. 105-119.
56. Hayes, R. H. & Wheelwright, S. C. (1984). *Restoring Our Competitive Edge*. John Wiley, New York.
57. Hayes, R. H. & Wheelwright, S. C. (1979). "Link manufacturing process and product life cycles". *Harvard Business Review*, vol. 57, No. 1.
58. Hayes, R. H. (1986). "La planificación estratégica: ¿hacia delante con la marcha atrás?". *Harvard Deusto Business Review*, No. 28, p. 122.

59. Hayes, R. H.; Wheelwright, S. C. & Clark, K. (1988). *Dynamic Manufacturing*. Free Press, N. York.
60. Hayes, R. H. & Pisano, G. P. (1994). "Beyond World-Class: The New Manufacturing Strategy". *Harvard Business Review*, vol. 56, pp. 77-86.
61. Heizer, J. & Render, B. (2001). *Dirección de la producción. Decisiones estratégicas*. 6ª ed. Prentice-Hall, Madrid.
62. Hill, T. (1989). *Manufacturing Strategy: Text and Cases*. Irwin. Homewood, Illinois.
63. Hill, T. (1993). *Manufacturing Strategy. The Management of the Manufacturing Function*. Macmillan.
64. Hill, T. (1997). *La esencia de la administración de operaciones*. Prentice-Hall, México.
65. Hofer, C. W. (1975). "Towards a Contingency Theory of Strategy". *Academy of Management Journal*, vol. 18, No. 4, december, pp. 784-810.
66. Hofer, C. W. & Schendel, D. (1978). *Strategy Formulation: Analytical Concepts*. West Publishing Co., St. Paul, Minnesota.
67. Hüge, E. C. & Anderson, A. D. (1989). *El paradigma de la excelencia en fabricación*. TGP, Madrid.
68. Isaac, G. A. (1985). "Creación de una ventaja competitiva mediante la instrumentación de estrategias logísticas de justo a tiempo". Touche Ross Series. Compilado por: Christopher (2000). *Logística. Aspectos estratégicos*. Editorial Limusa, México, D. F., pp. 106-107.
69. Imai, M. (1996). *Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa*. 9ª ed. Editorial CECSA, México, D. F.
70. Kalenatic, D. & Blanco Rivero, L. E. (1993). *Aplicaciones computacionales en producción*. Fondo Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D. C.
71. Krajewsky, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). *Operations Management. Strategy and Analysis*. Addison Wesley Publishing Co.
72. Langlely Jr., C. C. (1986). "Evolución del concepto de logística". *Journal of Business Logistic*, vol. 7, No. 2. Compilado en: Christopher (2000).
73. Lambert, D. M.; Stock, J. R. & Ellram, L. (1998). *Fundamentals of Logistic Management*. McGraw-Hill International Editions, Singapore.
74. Leong, G. K.; Snyder, D. L. & Ward, P. T. (1990). "Research in the Process and Content of Manufacturing Strategy". *Omega International J. of Management Science*, vol. 18 (2), pp.109-122.
75. Lockyer, K. (1990). *La producción industrial. Su administración*. Editorial Alfaomega, México, D. F.
76. Martínez, A. (1992). "La estrategia de fabricación y la competitividad de la empresa". *Alta Dirección*, No. 162, pp. 151-160.
77. Martinich, J. (1997). *Production and Operations Management. An applied modern approach*. Ed. John Wiley & Sons, New York.
78. Maruchek, A.; Pannesi, R. & Anderson, C. (1990). "An Exploratory Study of the Manufacturing Strategy Process in Practice". *Journal of Operations Management*, vol. 9, No. 1, pp. 101-123.

79. Miller, J. G. & Roth, A. V. (1988). "Manufacturing Strategies: Executive Summary of the 1987 North American Manufacturing Futures Survey". *Operations Management Review*, vol. 6, No. 1, pp. 8-20.
80. Miller, J. G.; De Meyer, A. & Nakane, J. (1992). *Benchmarking Global Manufacturing*. Irwin, Illinois.
81. Miller, S. S. (1983). "Cómo facilitar la labor de los directores de fábrica". *Harvard Deusto Business Review*, No. 16, pp. 28-34.
82. Mills, J.; Platts, K. & Gregory, M. (1995). "A Framework for the Design of Manufacturing Strategy Processes. A Contingency Approach". *International J. of Operations & Production Management*, vol. 15, No. 4, pp. 17-49.
83. Miltenburg, J. (1995). *Manufacturing Strategy*. Productivity Press, Portland, Oregon.
84. Monden, Y. (1990). *El sistema de producción Toyota*. Ediciones Macchi, Buenos Aires.
85. Monks, Joseph G. (1991). *Administración de operaciones*. McGraw-Hill, México.
86. Morita, A. (1987). *Made in Japan*. Versal, Barcelona.
87. Muther, R. (1981). *Distribución en planta. Ordenación racional de los elementos de producción industrial*. 4ª ed. Editorial Hispanoeuropea, Barcelona, España.
88. Nahmias, S. (1997). *Production and Operations Analysis*. Third ed. Irwin, Chicago.
89. Narasimhan, S.; Mc Leavy, D. W. & Billintong, P. (1996). *Planeación de la producción y control de los inventarios*. 2ª ed. Editorial Prentice Hall, México, D. F.
90. Niebel, B. W. (1988). *Ingeniería industrial. Métodos, tiempos y movimientos*. Alfaomega, México.
91. Prida Romero, B. & Gutiérrez Casas, G. (1996). *Logística de aprovisionamiento. El camino en las relaciones proveedor-cliente. Un nuevo desafío para la empresa del siglo XXI*. Editorial McGraw-Hill, Madrid, España.
92. Quinn, J. B. (1992). *Intelligent Enterprise*. Free Press, New York.
93. Quinn, J. B. & Hillmer, F. G. (1994). "Strategic Outsourcing". *Sloan Management Review*, pp. 43-55.
94. Riggs, J. L. (1976). *Sistemas de producción. Planeación, análisis y control*. Limusa, México.
95. Robinson, R. D. (1997). *The Empowerment Cookbook. Action Plans for Creating, Sustaining or Refocusing Empowered*. McGraw-Hill, New York.
96. Rogers D. S. & Tibben Lemke, R. S. (1998). *Going backwards: Reverse logistic trends and practices*. Center of Logistic Management. University of Nevada, USA.
97. Romano, J. D. (1983). "Operations Strategy"; en Albert, K. (ed.). *Strategy Management*. McGraw-Hill.
98. Roth, A. V. & Miller, J. G. (1989). "A Taxonomy of Manufacturing Strategies". Ninth Congress of the Strategic Management Society, San Francisco y publicado por Miller, J. G. & Roth, A. V. (1994) en la revista *Management Science*, vol. 40, No. 3, marzo, pp. 285-304.
99. Roth, A. V. & Miller, J. G. (1990). "Manufacturing Strategy, Manufacturing Strength, Managerial Success, and Economic Outcomes"; en Ettlíe, J. E.; Burstein, M. C. & Fiegenbaum, A. (eds.). *Manufacturing Strategy*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 97-108.

100. Roth, A. V. & Miller, J. G. (1992). "Success Factors in Manufacturing". *Business Horizons*, julio-agosto, pp. 73-81.
101. Russell, R. & Taylor, B. (1998). *Operations Management. Focusing on Quality and Competitiveness*. Second ed. Prentice Hall, New Jersey.
102. Sarache Castro, W. A. (1999). *Métodos aplicados a la localización y distribución de instalaciones*. Editorial El Poirá, Ibagué, Colombia.
103. Sarkis, J. (2001). "Manufacturing's Role in Corporate Environmental Sustainability. Concerns for the New Millennium". *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, No. 5/6. United Kingdom, pp. 666-686.
104. Schmenner, R. W. (1979). "Look Beyond the Obvious in Plant Location". *Harvard Business Review*, enero-febrero, pp. 126-132.
105. Schnarch, A. (2001). *Nuevo producto: creatividad, innovación y marketing*. Tercera ed. McGraw-Hill, Bogotá D. C.
106. Schonberger, R. (1991). *Hacia la excelencia en la fabricación. Lecciones aplicadas de simplificación*. Espasa-Calpe, CDN, Madrid.
107. Schonberger, R. (1996). *World-Class Manufacturing: the Next Decade*. Prentice-Hall, México.
108. Schroeder, R. G.; Anderson, J. C. & Cleveland, G. (1986). "The Content of Manufacturing Strategy: An Empirical Study". *Journal of Operations Management*, vol. 6, No. 4, pp. 405-415.
109. Schroeder, R. G. (1992). *Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones*. 3ª ed. McGraw-Hill, México.
110. Sekini, K. (1992). *One Piece Flow*. Productivity Press Inc., Cambridge, Massachusetts, USA.
111. Skinner, W. (1969). "Manufacturing – Missing Link in Corporate Strategy". *Harvard Business Review*, mayo-junio, pp. 136-145.
112. Skinner, W. (1974). "The Focused Factory". *Harvard Business Review*, mayo-junio, pp. 113-121.
113. Skinner, W. (1992). "Missing the Links in Manufacturing Strategy"; en Voss, C. A. (ed.). *Manufacturing Strategy: Process and Content*. Chapman & Hall, London.
114. Spender, J. C. (1992). "Limits to Learning from the West: How Western Management Advice May Prove Limited in Eastern Europe". *International Executive*, vol. 34, No. 5, pp. 389-410.
115. Starr, M. K. (1979). *Administración de la producción*. Prentice-Hall International, Madrid.
116. Stobaugh, R. & Telesio, P. (1983). "Match Manufacturing Policies and Product Strategy". *Harvard Business Review*, vol. 61, No. 2, marzo-abril, pp. 113-120.
117. Stonebraker, P. W. & Leong, G. K. (1994). *Operations Strategy. Focusing Competitive Excellence*. Allyn and Bacon, Boston.
118. Stuart, M.; Mullins, E. & Drew, E. (1996). "Statistical Quality Control and Improvement". *European Journal of Operational Research*, No. 88, pp. 203-214.
119. Stuckey, J. & White, D. (1993). "When and When Not to Vertically Integrate". *Sloan Management Review*, primavera, pp. 71-83.
120. Swamidass, P. M. & Newell, W. T. (1987). "Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytic Model". *Management Science*, abril, vol. 33, No. 4, pp. 509-524.

121. Taguchi, G. & Clausing, D. (1990). "Robust Quality". *Harvard Business Review*, enero-feb., pp. 65-75.
122. Takeuchi, H. & Nonaka, I. (1986). "The New Product Development Game". *Harvard Business Review*, enero-febrero, pp. 137-146.
123. Tawfik, L. & Chauvel, A. M. (1992). *Administración de la producción*. Interamericana. México.
124. Thompson, A. A. & Strickland, A. J. (1992). *Strategic Management: Concepts and Cases*. Irwin.
125. Tompkins, J. (1992). *La producción exitosa*. Editorial McGraw-Hill, México D. F.
126. Umble, M. & Srikanth, M. L. (1995). *Manufactura sincrónica. Principios para lograr una excelencia de categoría mundial*. Editorial CECSA, México, D. F.
127. Utterback, J. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Harvard B. School Press, Cambridge.
128. Vickery, S. K.; Dröge, C. & Markland, R. E. (1993). "Production Competence and Business Strategy: Do they Affect Business Performance?". *Decision Sciences*, vol. 24, No. 2, pp. 435-455.
129. Vollmann, T.; Berry, W. & Whybark, D. (1997). *Sistemas de planificación y control de la fabricación*. 3ª ed. Irwin.
130. Voss, C. A. (1992). *Manufacturing Strategy: Process and Content*. Chapman & Hall, London.
131. Ward, P. T.; Duray, R.; Leong, G. K. & Sum, C. (1995). "Business Environment, Operations Strategy, and Performance: An Empirical Study of Singapore Manufacturers". *Journal of Operations Management*, vol. 13, pp. 99-115.
132. Ward, P. T.; Leong, G. K. & Boyer, K. K. (1994). "Manufacturing Proactiveness and Performance". *Decision Sciences*, vol. 25, No. 3, pp. 337-358.
133. Ward, P. T.; Miller, J. G. & Vollmann, T. (1988). "Mapping Manufacturers' Concerns and Action Plans". *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 8, No. 6, pp. 5-17.
134. Wheelen, T. L. & Hunger, H. D. (1983). *Strategic Management*. Addison Wesley.
135. Wheelwright, S. C. (1978). "Reflecting Corporate Strategy in Manufacturing Decisions". *Business Horizons*, vol. 21, No. 1, febrero, pp. 57-66.
136. Wheelwright, S. C. (1984). "Manufacturing Strategy: Defining the Missing Link". *Strategic Management Journal*, vol. 5, No. 1, enero-febrero, pp. 77-91.
137. Whybark, D. C. (1986). "Strategy Manufacturing Management". IRMIS Working Paper. School of Business, Indiana University; citado en Conca, F. J. & Molina, H. (1998) *La Administración de las operaciones y la competitividad empresarial*. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Alicante.
138. William, F.; D'Souza, D.; Rosenfeldt, M. & Kassaee, M. (1995). "Manufacturing Strategy, Business Strategy and Firm Performance in a Mature Industry". *J. of Operations Management*, vol. 13, p. 19.
139. Zhu, Z. & Meredith, P. (1995). "Defining Elements in JIT Implementation: A Survey". *Industrial Management and Data System*, vol. 95, No. 8, pp. 21-28.

2. PLANEACIÓN AGREGADA Y PROGRAMACIÓN MAESTRA

Diana María Cárdenas Aguirre
Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales

INTRODUCCIÓN

El capítulo anterior aborda la función de operaciones, su importancia actual y evolución histórica, a la vez que bosqueja el proceso para gestionar esta función describiendo un ejercicio jerárquico con tres niveles de decisión: estratégico, táctico y operativo. El presente capítulo avanza sobre los dos niveles inferiores, en los cuales se concretan las proyecciones de ventas y producción en el mediano plazo, atendiendo a las limitaciones y posibilidades del sistema a partir del conocimiento o estimación de las demandas del mercado. En estos niveles, los resultados fundamentales son el *plan agregado de producción*¹ y el *programa maestro de producción*, dos etapas altamente relacionadas entre ellas como se expondrá durante el desarrollo de este capítulo.

Antes de introducir las consideraciones generales de estas dos importantes etapas del proceso, es necesario referir algunos temas que servirán de base para el desarrollo de las técnicas que les son propias y que suministran información relevante para su evaluación; estos son la administración de la demanda y la determinación de la capacidad.

Posteriormente, se presenta el *plan agregado de producción*, sus objetivos, funciones y las técnicas más difundidas para su confección, para dar lugar luego a la consideración del *programa maestro de producción* y su papel en el proceso de administración de las operaciones. Finalmente se realizarán algunas observaciones sobre la práctica existente en el medio colombiano relativas a estos niveles de planificación.

ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

La administración de la demanda es el módulo de entrada al proceso de planificación y control de la manufactura, pues suministra la información que permite relacionar

¹ También se conoce como *plan total* (Chase et ál., 2000), *plan de ventas y operaciones* (Vollman et ál., 2005).

las necesidades del mercado y de otras fuentes de demanda (almacenes, inventarios de reposición, inventarios de seguridad, etc.) con la actividad de la planta de producción.

Seguando a Vollman et ál. (2005), las funciones principales de este módulo son:

- Recoger información del mercado.
- Pronosticar la demanda.
- Introducir órdenes de los clientes.
- Determinar requerimientos específicos de los productos.
- Concretar la comunicación con clientes (promisión de fechas de entrega, información sobre el estado de las órdenes, atención de reclamaciones, etc.).
- Identificar distintas fuentes de demanda.

Para cumplir con estas funciones, la administración de la demanda utiliza diferentes técnicas propias de la investigación de mercados y de los métodos estadísticos. Sin duda, la elaboración de los pronósticos es una de las herramientas principales para el cumplimiento de estos objetivos.

Los pronósticos se realizan fundamentalmente por proyección de comportamientos históricos de un fenómeno, en este caso la demanda, y este es un método válido siempre y cuando las condiciones del mercado no hayan variado sustancialmente. Sin embargo, debe recordarse que también existen métodos no cuantitativos como las consultas a expertos y los métodos de prospectiva, especialmente útiles cuando se emprenden funciones no rutinarias como el lanzamiento de un nuevo producto, la penetración en un nuevo mercado o la respuesta a un cambio en la estructura del sector o a un nuevo reto tecnológico. Un resumen de algunos métodos de pronóstico se presenta en la tabla 2.1.

Según Vollman et ál. (2005), una efectiva administración de la demanda requiere:

- Una organización clara, es decir, la determinación de responsabilidades, el establecimiento de reglas y controles y la regularización de todos los canales de comunicación y negociación con clientes.
- Un monitoreo constante del mercado a través del seguimiento de los comportamientos de compra, las reclamaciones, indicadores como pedidos insatisfechos, incumplimientos, etc.
- Una comunicación honesta con los clientes, especialmente al momento de establecer fechas de entrega de pedidos, de tal manera que no se creen falsas expectativas ni presiones innecesarias sobre el sistema.

Lo más importante en este tema es evitar la informalidad en el establecimiento de compromisos de entrega. Una relación duradera y provechosa con el cliente requiere que éste conozca y respete los procedimientos y capacidades de su suministrador, por lo que no debe temerse en dejar claros los plazos y las capacidades reales de la

compañía. Esto derivará en entregas oportunas, sin sobre costos ni sobresaltos innecesarios, y en una mayor satisfacción de las partes.

Tabla 2.1 Resumen de métodos de pronóstico

Metodo	Descripcion	Ht	Costo
OPINIÓN Y JUICIO (CUALITATIVOS)			
Fuerza de ventas	Estimación del área de ventas como un todo	CP-MP	B-M
Opinión ejecutiva	Gerentes de mercadotecnia, finanzas y producción preparan pronósticos	CP-LP	B-M
Ventas y Gerentes	Los cálculos independientes de los vendedores regionales son canalizados con proyecciones nacionales de los gerentes de línea de productos	MP	M
Analogía histórica	Pronóstico proveniente de la comparación con un producto similar previamente introducido.	CP-LP	B-M
Delphi	Los expertos responden (anónimamente) una serie de preguntas, reciben retro-alimentación y revisan sus cálculos.	LP	M-A
Investigaciones de Mercado	Se usan cuestionarios y paneles para obtener datos que anticipen el comportamiento del consumidor.	MP-LP	A
SERIE DE TIEMPOS (CUANTITATIVOS)			
Promedio Simple	Se usa una regla simple que pronostica igual al último valor o igual más o menos algún porcentaje.	CP	B
Promedios móviles	El pronóstico es simplemente un promedio de los n más recientes.	CP	B
Proyección de la tendencia	El pronóstico es una proyección lineal, exponencial u otra de la tendencia pasada.	MP-LP	B
Descomposición: Holts-Winters	Las series de tiempos se dividen en sus componentes de tendencia: estacional cíclica y aleatoria,	CP-LP	B
Suavización exponencial	Los pronósticos son promedios móviles ponderados exponencialmente, donde los últimos valores tienen mayor peso.	CP	B
Box-jenkins	Se propone un modelo de regresión de serie de tiempo, estadísticamente probado modificado y vuelto a probar hasta que sea satisfactorio.	MP-LP	M-A
ASOCIATIVOS (CUANTITATIVOS O CAUSALES)			
Regresión y correlación	Se usan una o más variables asociadas para pronosticar por medio de la ecuación de mínimos cuadrados (regresión) o de una asociación (correlación) con una variable explicativa.	CP-MP	M-A
Econométricos	Se usa una solución por ecuaciones simultáneas de regresión múltiple para una actividad económica.	CP-LP	A

Abreviaturas: B= bajo, M= medio, A= alto, CP= corto plazo, MP= mediano plazo, LP= largo plazo.

Fuente: Paredes (2001)

Una función muy importante con relación a la administración de la demanda es la definición de las unidades para la planificación y programación de la producción. Para este fin se ha desarrollado el denominado *pronóstico piramidal*, que tiene la bondad de brindar un medio para asegurar la coherencia de las distintas unidades de planificación. El procedimiento comienza con pronósticos individuales de producción que son agregados para obtener pronósticos por líneas de productos y, a su vez, la agregación de estos permitirá obtener el pronóstico total del negocio (plan agregado). Posteriormente, se desarrolla un proceso inverso denominado *forzar hacia abajo* cuya función es lograr consistencia en los pronósticos para todos los niveles de agregación. La figura 2.1 muestra una aproximación gráfica de los niveles de agregación propuestos.

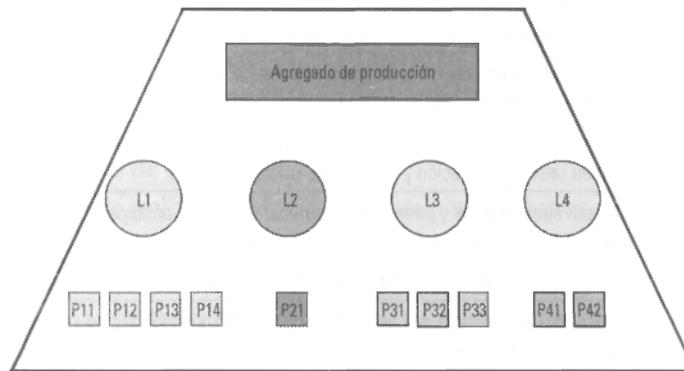


Figura 2.1 Estructura del pronóstico piramidal.
Fuente: Adaptada de Vollman T. et ál. (2005).

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD

Se define capacidad como la cantidad de producto o servicio que puede obtenerse por una unidad productiva en un periodo determinado (Domínguez et ál., 1995). Las decisiones sobre la capacidad de producción de un sistema están sujetas también a los distintos niveles de planeación identificados en el enfoque jerárquico, por lo que las decisiones relativas al diseño de la capacidad corresponden al nivel estratégico. En los niveles táctico y operativo, que son los que corresponden a este capítulo, se consideran decisiones de asignación y adecuación de la capacidad de acuerdo con las presiones generadas por el plan de producción de la compañía. Para ello, el primer paso es la determinación de una unidad de medida de la capacidad, hecho que no es fácil ni hay una regla universal que lo facilite, por lo que deberán considerarse las especificidades del sistema productivo a que se refiera.

La medida más utilizada en la literatura especializada es horas-hombre de producción; sin embargo, autores como Vollman et ál. (2005) y Domínguez Machuca et ál. (1995) han señalado problemas con esta unidad puesto que en la actualidad

podría no ser la más representativa dados los crecientes niveles de automatización y la tendencia hacia el enriquecimiento del trabajo del operario y su desempeño polivalente. Vollman (2005), Fundora (1978), Acevedo (2000) recomiendan que la capacidad se mida a partir de la identificación de un recurso estratégico, que podría ser una máquina costosa, la capacidad del departamento de ingeniería (en una empresa que diseña y fabrica a la orden este puede ser el recurso más limitado) o el recurso cuello de botella (siguiendo la teoría de restricciones formulada por Goldratt).

A pesar de los inconvenientes señalados y por considerar que en el medio industrial colombiano aún es un recurso significativo, este texto utilizará la medida de horas-hombre como adecuada para la medición de la capacidad. Siendo así, en la confección del plan agregado y el programa maestro se utilizarán las tasas de producción por empleado u otras medidas relacionadas con la productividad de la mano de obra, como referencia de la capacidad del sistema y de los ajustes que deban realizarse y, por consiguiente, los costos asociados con este factor serán centrales en la evaluación de las distintas alternativas.

La utilización de una medida como la propuesta requiere que la empresa haya desarrollado juiciosamente los estándares de tiempo, a partir de la aplicación de técnicas de estudio del trabajo, y que posea un muy actualizado y confiable sistema de información sobre estándares de producción y medidas de productividad.

Factores de ajuste a la medida de la capacidad

Para que la unidad sea, realmente, homogénea y representativa de la capacidad disponible y de la utilizada o de carga, hay que precisarla en función de los factores de utilización y de eficiencia.

Factor de utilización, U

Se interpreta como la proporción de tiempo en que realmente se utiliza el recurso. La necesidad de su cálculo nace de la imposibilidad práctica de utilizar un recurso al 100% de su disponibilidad, pues como mínimo deberán considerarse tiempos de descanso, mantenimientos programados, alistamientos y otros factores. U se obtiene dividiendo el número de horas programadas (NHP) entre el número de horas realmente utilizadas (NHR), como muestra la siguiente expresión:

$$U = \text{NHP/NHR} \quad (2.1)$$

Factor de eficiencia, E

Este factor muestra la forma como cada individuo o recurso realiza una misma tarea, por lo que es diferente en cada caso, ya que cada persona tiene distintas habilidades, conocimientos, destrezas, e incluso un mismo individuo puede tener diferente efi-

ciencia según el momento de la jornada laboral en que esté actuando. El cálculo de E debe realizarlo el analista de métodos y tiempos, con técnicas ya establecidas para este fin. Sin embargo, y como regla general, la eficiencia corresponde a una relación entre el tiempo estándar y el tiempo real utilizado en la operación, por lo tanto la expresión de cálculo puede definirse como sigue:

$$E = \text{tiempo estándar} / \text{tiempo real} \quad (2.2)$$

Si E fuera mayor que uno, significa que el operario es más eficiente que el estándar, o que el estándar ha sido fijado por debajo de las posibilidades reales del sistema, por lo que debe ser revisado; sin embargo, un estándar demasiado alto tampoco es aconsejable pues somete a gran presión al personal y genera desmotivación y fatiga, por lo que debe ser lo más cercano a la real capacidad del factor humano.

Cálculo de la capacidad disponible

En términos de horas de trabajo, el cálculo de la capacidad disponible (CD) requiere la estandarización del tiempo programado, para lo cual éste debe afectarse con los factores U y E ya establecidos; por consiguiente,

Ejemplo: Si se trabajan 2 turnos de 8 horas los 5 días de la semana, y si $U = 0,9$ y $E = 0,95$, la capacidad disponible será:

$$CD = 2 * 8 * 5 * 0,9 * 0,95 = 68,4 \text{ horas estándar}$$

Medidas de ajuste de la capacidad

La confección del plan agregado y del programa maestro requiere tomar decisiones de modificación o adecuación de la capacidad disponible para dar una respuesta a la demanda prevista. Según Vollman et ál. (2005), esta es una de las diferencias fundamentales entre un pronóstico y un plan. El pronóstico presenta el comportamiento esperado de la demanda, el plan refleja la forma como se dará respuesta a la misma desde los recursos de producción.

Autores como Domínguez et ál. (1995), Chase et ál. (2000), Guinet (1999), Chen et ál. (2005), Kogan et ál. (1995) señalan que la capacidad puede ajustarse tratando de influir sobre la demanda o sobre la oferta; algunas estrategias para influir sobre la demanda son:

- **Precios:** Con frecuencia se utilizan diferencias de precios para reducir la demanda pico o para acumular una demanda en las temporadas bajas. Algunos ejemplos son las funciones en el cine, las tarifas de hotel en la temporada baja, los descuentos en las fábricas por compras a principios o finales de la temporada, tarifas telefónicas nocturnas y precios de dos por uno en expendios de comida

rápida. El propósito de estos esquemas de precios es nivelar la demanda durante el día, la semana, el mes o el año.

- ♦ **Publicidad y promociones:** Este es otro método que se utiliza, en algunos casos, para uniformar la demanda. La publicidad generalmente se coordina en el tiempo de manera tal que se promueva la demanda durante los periodos bajos. Por ejemplo, la estrategia de rifas y premios instantáneos de los enlatadores de sardinas y atunes en épocas diferentes a la Cuaresma y Semana Santa, o las ventas anticipadas y posteriores de elementos decorativos para la navidad.
- ♦ **Trabajo pendiente (*backlog*) reservaciones:** En algunos casos influye en la demanda al pedir a los clientes que mantengan pendientes sus pedidos o reserven la capacidad por anticipado. Generalmente, esto tiene el efecto de pasar la demanda de los periodos pico a los periodos con capacidad libre. Sin embargo, deben conocerse muy bien las características del mercado y la estructura del sector, pues en ocasiones las largas esperas pueden causar una pérdida de ventas, especialmente si no hay un factor fuertemente diferenciador.
- ♦ **Desarrollo de productos complementarios:** Las empresas que tienen demandas altamente estacionales o productos con ciclos de vida cortos pueden intentar desarrollar productos que tengan tendencias del ciclo contrario en la estacionalidad o en el ciclo de vida. Un ejemplo clásico de esta práctica es el de Mattel que produce la famosa muñeca Barbie, y toda una serie de accesorios que mantienen constante la demanda sobre sus productos, o el de la compañía fabricante de cuadernos y agendas que en épocas diferentes a los inicios de periodo escolar produce artículos para oficina manteniendo constante su ocupación.

Algunas prácticas que permiten modificar la capacidad desde la oferta y que son aplicables a la formulación de un plan agregado son:

- ♦ **Contratación y despido de empleados:** Algunas empresas hacen cualquier cosa antes de reducir el tamaño de la fuerza de trabajo con despidos. Otras compañías incrementan y disminuyen rutinariamente su fuerza de trabajo conforme cambia la demanda; sobre estas decisiones influyen criterios de tipo laboral, legal y de política interna; precisamente, uno de los propósitos de la planeación agregada es examinar el efecto que estas prácticas tienen sobre los costos y las utilidades.
- ♦ **Uso del tiempo extra y de semanas cortas:** En ocasiones se utiliza el tiempo extra para ajustes laborales a corto y a mediano plazo en lugar de contratar y despedir, en especial si el cambio de la demanda es temporal.
- ♦ **Uso de mano de obra temporal o eventual:** Esta opción puede ser particularmente atractiva, pues en términos generales a los empleados eventuales se les paga significativamente menos en sueldos y prestaciones, y además proporcionan gran flexibilidad al sistema. Nuevamente aquí hay que consultar las políticas internas,

la legislación laboral y el entorno competitivo, pues no en todos los sectores existe una oferta de mano de obra que permita tal flexibilización sin afectar la calidad e inclusive la continuidad de la planta.

PLANEACIÓN AGREGADA

El plan agregado es el resultado fundamental del denominado *nivel táctico* de la planificación. Se formula para un periodo de 6 a 18 meses, y con él se busca lograr un equilibrio entre la oferta (capacidades de producción) y la demanda (requerimientos del mercado) en términos de volumen², con el fin de lograr mayor efectividad en el funcionamiento general de la organización. Esta sección tratará de resumir las generalidades de este nivel de la planeación, evaluando cada una de las estrategias y herramientas existentes, a la luz de diferentes criterios, entre los cuales los de orden económico resultan prioritarios.

Importancia del nivel táctico de la planeación, programación y control de la producción

El nivel táctico está ubicado en el centro del esquema jerárquico de planeación, programación y control de la producción; esta posición le permite actuar como interlocutor entre los diferentes actores y estancias del proceso. Tal vez esta es su principal utilidad, pues hace posible traducir las estrategias y los objetivos fijados en el nivel estratégico a necesidades específicas de programación y recursos de la producción.

De acuerdo con Chase et ál. (2000), “*el principal propósito del plan total es especificar la combinación óptima de la tasa de producción, del nivel de fuerza laboral y del inventario disponible*”; de aquí se deriva, entonces, la importancia del plan agregado como herramienta integral de planificación, pues permite, a partir de la proyección de la demanda, especificar los requerimientos de mano de obra así como las estrategias de flexibilización de la capacidad que posibilitan dar cumplimiento a lo programado dentro del periodo considerado para ese fin.

Adicionalmente, Domínguez (1995) menciona funciones del plan agregado que reflejan su importancia, como permitir una comunicación fluida entre los diferentes niveles de administración de la producción, traducir en cifras concretas los requerimientos de recursos para la producción y servir de base para los niveles subsiguientes del proceso. “*Como resultado de la planeación agregada (PA), deben tomarse decisiones y establecerse políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontratistas y niveles de inventario. La PA determina no solo los niveles de produc-*

² Según Vollman et ál. (2005), las decisiones de producción se toman con respecto a oferta, demanda, volumen y mezcla. Las decisiones de volumen son propias del plan agregado y las de mezcla del programa maestro.

ción que se planean, sino también la mezcla de los recursos a utilizar” (Raidevi et ál., “Planeación agregada”. En Gestipolis.com).

Se puede concluir, entonces, que el plan agregado cumple un muy importante papel en términos de organización del flujo de información, visualización de la cadena completa de producción, desde las exigencias del cliente hasta los posibles resultados de la gestión empresarial y las medidas que permiten equilibrarlos, y en términos de revisión constante de las capacidades y limitaciones del sistema.

A pesar de esto, muchas empresas, entre las que se incluye una gran mayoría de las existentes en el entorno regional, no han podido apropiarse sistemáticamente este proceso, en muchos casos por no contar con la información que les permita anticiparse a las demandas de su mercado o a una unidad de planificación racional o, incluso, al conocimiento de su propia capacidad³. Este problema, especialmente importante en empresas que actúan en mercados con comportamientos no predecibles, ha estimulado a autores como Erol (1999) y Yan et ál. (2004) a encontrar metodologías que permitan disminuir la incertidumbre y realizar una gestión eficiente y efectiva desde el punto de vista de los costos y el nivel de cumplimiento.

¿Qué es entonces la planeación agregada?

Un plan agregado es *“un plan de producción a mediano plazo, factible desde el punto de vista de la capacidad, que permite el cumplimiento eficiente del plan estratégico desde el punto de vista del subsistema de operaciones”* (Domínguez et ál., 1995). Como resultado de la PA, deben tomarse decisiones y establecerse políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontratistas y niveles de inventario. La PA determina no solo los niveles de producción que se planean, sino también la mezcla de los recursos a utilizar. El término “agregada” implica que esta planeación se realiza para una sola medida general de producción o, cuando mucho, para algunas categorías de productos acumulados.

Esa medida general o unidad agregada puede establecerse desde el punto de vista de los recursos de la producción (tiempo de mano de obra o de máquina disponible, disponibilidad de materias primas, etc.); o desde las salidas del proceso (unidades de productos, litros, toneladas de producto final, etc.); todo depende de la naturaleza de la empresa o de las características del sistema productivo. Por ejemplo, para empresas que tienen productos estándares, la definición de la unidad agregada a partir de las unidades de producto puede ser mucho más sencilla, mientras que para ambientes de taller, con gran variedad de productos, usar medidas como horas/hombre u horas/máquina disponibles puede ser más adecuado. Como características generales del plan agregado se cuentan las siguientes:

³ Ver “Caracterización de las empresas del sector metalmeccánico de Manizales, sector 381, a partir de sus prácticas de administración de la producción”, informe de investigación adelantado en el segundo semestre de 2003.

1. Un horizonte de tiempo aproximado de 12 meses, con actualización del plan en forma periódica (mensual).
2. Un nivel acumulado de demanda formado por una o pocas categorías de productos.
3. Posibilidad de influir sobre los niveles tanto de la oferta como de la demanda.
4. Una variedad de objetivos administrativos que podrían incluir un bajo nivel de inventario, buenas relaciones laborales, bajo costo, flexibilidad para incrementar los niveles de producción en el futuro y un buen servicio a los clientes.

Cada una de estas características presenta un alto grado de flexibilidad; por esto, dependiendo de las que se apliquen o de los criterios que se utilicen para su implementación, pueden obtenerse diferentes resultados de planeación. Por ejemplo, referidos a la característica 4, cada uno de los objetivos mencionados implica una posición diferente frente al plan a diseñar; si se busca disminución de costos, podría resultar interesante la implementación de políticas de subcontratación y contratación y despido de personal de acuerdo con las fluctuaciones de la demanda; sin embargo, estas estrategias serían opuestas a la búsqueda de un ambiente marcado por las buenas relaciones laborales, y así sucedería con otros casos. Lo que resulta importante aquí es hacer notar que el plan agregado, así como las estrategias mediante las cuales se diseñe y los resultados que se puedan obtener, son propios de cada compañía y deben estar en concordancia con los objetivos y políticas de cada una de ellas, pues de eso se trata el enfoque jerárquico que la orienta.

Smith et ál. (2004) señala que los objetivos más importantes para la planeación agregada son:

- ♦ Minimizar costos de mano de obra
- ♦ Minimizar perjuicios por posesión de inventarios
- ♦ Maximizar la estabilidad laboral
- ♦ Maximizar el control sobre la producción
- ♦ Maximizar el cumplimiento de pedidos
- ♦ Minimizar tiempo extra y ocioso

Estrategias para el desarrollo de un plan agregado

Para la formulación de un plan agregado, existen dos estrategias básicas (Chase, et ál., 2000; Domínguez et ál., 1995; Nahmías, 2006) y algunas combinaciones o modificaciones de las mismas, que pueden definirse de la siguiente forma:

- ♦ **Estrategia de persecución:** Consiste en igualar la tasa de producción a la de la demanda. Implica cambios en la cantidad de mano de obra, y por lo general contribuye a la disminución de costos relacionados con inventarios. Esta estrategia

- resulta fundamentalmente útil en entornos de producción que tienen demandas estacionales y su aplicación se facilita cuando hay flexibilidad laboral y existe en el mercado abundancia de mano de obra calificada.
- **Estrategia de nivelación:** Consiste en mantener una fuerza de trabajo estable produciendo a una tasa constante. En esta estrategia se elimina el costo de cambiar la tasa de producción, pero aumentan los de mantener inventario para satisfacer la demanda en los periodos pico. Aunque generalmente se asume que la nivelación se da desde la fuerza de trabajo a emplear, en algunas ocasiones puede mantenerse nivelada la tasa de producción de un determinado periodo aun variando el nivel de la fuerza laboral que la obtiene; para esto se utilizan otras estrategias como las horas extras o la modificación de turnos de trabajo. Como subestrategias importantes se encuentran las de mano de obra nivelada trabajando horas extras y mano de obra nivelada solo en el turno reglamentario. Algunos ejemplos de cómo funcionan estas estrategias en las decisiones de producción se pueden evidenciar en las siguientes situaciones⁴.

Ejemplo 1

Al final de enero hay 100 refrigeradores ya terminados en inventarios. En enero se tenían veinte ensambladores en la nómina, cada uno de los cuales devengó un salario de 1600 dólares/mes. En promedio, cada ensamblador es capaz de producir 10 refrigeradores por mes.

Se recibió la información que la demanda del mes de febrero por parte de los clientes será de 200 refrigeradores. Como actualmente ya se cuenta con 100 unidades en inventario, se toma la decisión de producir exactamente 100 unidades más durante febrero, para satisfacer la demanda de 200 unidades. Como solamente se requieren diez ensambladores para satisfacer la producción planeada de febrero, se despide a diez trabajadores con un costo de 400 dólares/trabajador.

La demanda de refrigeradores para el mes de marzo se calcula en 300 unidades. Como no quedaron en el inventario refrigeradores del mes de febrero, hay que producir un total de 300 unidades para marzo durante ese mismo mes. Para poder cumplir con esta exigencia, es necesario contratar 20 ensambladores más al principio de marzo, de manera que la fuerza de trabajo (30 ensambladores) pueda producir las 300 unidades que se necesitan.

Ejemplo 2

Consideremos el caso de una firma de corretaje que utiliza ambas estrategias. El departamento de procesamiento de datos mantenía una capacidad de procesamiento de 17.000 transacciones al día, que excedía con mucho la carga promedio de 12.000; esta capacidad permitió que el departamento tuviera una fuerza de trabajo nivelada de programadores, analistas de sistemas y operadores de computadoras, aun cuando la capacidad excedía la demanda en muchos días.

Debido a una fuerza de trabajo capacitada, a la alta inversión de capital y al costo bajo y marginal de la capacidad adicional, tenía sentido que el departamento de datos siguiera esta estrategia.

Mientras tanto en el departamento de caja se seguía una estrategia diferente. Conforme variaba el nivel de transacciones, se contrataba trabajadores eventuales y se despedía a otros. Este departamento dependía mucho de la mano de obra y tenía una alta rotación de personal así como un bajo nivel de necesidades de capacitación. El gerente del departamento comentó que la alta rotación era una ventaja puesto que ayudaba a facilitar la reducción de la fuerza de trabajo en periodos de baja demanda.

⁴ Tomados de "Planeación agregada" R. Burgos et ál. Consultado en Monografias.com.

De los ejemplos pueden concluirse algunas características importantes que deben tenerse en cuenta en la confección de planes agregados:

- En el primer caso se puede evidenciar la importancia de planificar para horizontes de tiempo relativamente prolongados. Si el trabajo de un mes se planea por separado e independientemente de los fines de la planeación, ¿cuáles serían los costos resultantes?
- La segunda situación permite observar que las características de las operaciones parecen influir en el tipo de estrategia que se sigue. Mientras que la estrategia de adaptarse a la demanda puede resultar apropiada en las tareas rutinarias y que requieren un bajo nivel de capacitación en la mano de obra, la estrategia de nivelación parece ser la más apropiada en las tareas en que la mano de obra necesita una calificación mayor y que son más complejas.

Estas estrategias están asociadas a una estructura de costos, entre los que se destacan los siguientes:

- **Costo de contratación y despido:** El costo de contratación incluye los costos de reclutamiento, selección y capacitación que se necesitan para llevar a un empleado nuevo a cubrir con una vacante en forma totalmente capacitada y productiva. El costo de despido incluye las prestaciones del personal, la prima de antigüedad y otros costos relacionados con la desvinculación de un empleado.
- **Costos de tiempos extras y tiempo perdido:** Los costos de tiempos extras normalmente están formados por los salarios regulares más una prima que se establece según requerimientos legales o condiciones de la convención interna o de políticas laborales de la empresa. El costo de tiempo perdido con frecuencia se refleja en el uso de empleados para una productividad inferior a la total.
- **Costos de mantenimiento de inventarios:** Los costos de mantenimiento de inventarios se relacionan con mantener productos en inventario. Incluyen el costo del capital, el costo variable de almacenamiento, el costo de la obsolescencia y del deterioro.
- **Costo de subcontratistas:** El costo de subcontratistas es el precio que se paga a estos para que produzcan las unidades. Este puede ser mayor o menor que el costo de la producción de las unidades en forma interna.
- **Costo de mano de obra eventual:** Debido a la diferencia de prestaciones, el costo de mano de obra eventual es menor que el de la mano de obra regular. Aunque con frecuencia los trabajadores eventuales no reciben prestaciones, se puede especificar un porcentaje de mano de obra eventual en los contratos colectivos.
- **Costo de agotamiento de inventarios o pedidos:** El costo de recibir un pedido o el del agotamiento de inventario debe reflejar el efecto de una reducción en el

servicio al cliente. El costo es muy difícil de estimar pero puede relacionarse con la pérdida de prestigio ante los clientes y la posible pérdida de venta futura.

Estas estrategias reflejan los objetivos y políticas más importantes de la organización, las prioridades que deben atenderse y la concepción que se tenga sobre los recursos principales del sistema. Por esto resulta de gran importancia definir con cuidado la estrategia que se va a emplear, con el fin de no contradecir el planteamiento general de la organización y favorecer un desarrollo armónico del proceso planificador. Estas consideraciones deben, inclusive, primar sobre criterios operativos como los de costo o nivel de cumplimiento, pues estas variables se verán necesariamente afectadas por lo que se haya definido en el nivel estratégico que precede a esta actividad.

Una vez definida la estrategia o estrategias más convenientes y los criterios que debe atender el proceso de planificación, puede procederse al diseño del plan agregado como tal. Para esto existen diferentes herramientas y técnicas como las que se presentan en la tabla 2.2. De estos métodos, en los cuales se evidencia la gran cantidad de producción académica que existe sobre el tema, los más difundidos y que van a abordarse en este libro son:

- El modelo tabular/gráfico.
- Los modelos de programación lineal.
- La simulación.
- Métodos multicriteriales.

Tabla 2.2 Métodos y modelos de planeación agregada.

Clasificación	Métodos	Observaciones
Optimizadores	Planeación agregada Método del transporte Método de asignación	Estas son aplicaciones de la programación lineal a la resolución de un problema consistente en encontrar la mejor combinación de alternativas estratégicas para la minimización de los costos de producción.
Intuitivos	Método tabular Coeficientes administrativos	Se caracterizan por ser métodos de ensayo y error de fácil aplicación en diferentes entornos. Requieren información de costos y capacidades y demandan tiempo para la evaluación individual de las diferentes opciones estratégicas.
Avanzados	Métodos multicriteriales Simulación Programación dinámica	A pesar de pertenecer a los métodos de origen matemático, se diferencian de los optimizadores en que consideran criterios de evaluación diferentes al del costo, sin descuidar este, permitiendo encontrar soluciones más ajustadas de acuerdo con criterios diferenciadores.

Fuente: Elaborada a partir de "Planeación agregada de la producción", Universidad Tecnológica de Monterrey. Consultado en www.monografias.com; Chase et ál. (2000) y Domínguez et ál. (1995).

Técnicas para la formulación de un plan agregado

Método tabular/gráfico

Es una técnica de fácil aplicación, a partir de la cual es posible encontrar un plan agregado factible desde el punto de vista de la capacidad, aunque no necesariamente óptimo en la consideración de los costos; tiene la gran bondad de permitir una gran flexibilidad y visibilidad, con lo que se facilita mucho la toma de decisiones.

Con base en la aclaración presentada anteriormente con relación a que aún se considera válida en este medio la mano de obra como recurso restrictivo de capacidad, los cálculos a realizar dentro de la matriz corresponden a consideraciones simples de la relación mano de obra-producción, determinada por tasas históricas que permanecen constantes durante el periodo de planificación seleccionado, así como por relaciones lineales de costo para cada uno de los factores involucrados.

Un ejemplo ayudará a entender mejor este método:

Ejemplo 3

Una empresa fabrica una única familia de productos. La obtención de cada unidad de dicha familia requiere 1,5 horas-estándar (h-e) de mano de obra y cada operario desarrolla, en promedio, 8 horas diarias. En el momento actual, diciembre, la plantilla de la empresa está formada por 150 trabajadores, 50 fijos y 100 eventuales y, aunque el *stock* de seguridad deseado es de 500 unidades, el *stock* disponible de productos es nulo. La proyección de la demanda para los próximos 6 meses es la siguiente:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
9000	15000	10000	5000	5000	5000	49000

Los días laborables para el periodo considerado son:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
20	20	22	20	21	20	123

Los costos se calculan con base en los siguientes datos:

- ♦ Hora estándar en jornada regular de mano de obra: 1,85 u.m.
- ♦ Hora estándar extra de mano de obra: 1,10 u.m.
- ♦ Hora ociosa de mano de obra: 10 u.m.
- ♦ Contratación de cada operario: 15 u.m.
- ♦ Despido de un trabajador eventual: 0,2 u.m./mes
- ♦ Posesión: 1,50 u.m./mes
- ♦ Servicio con retraso: 1,10 u.m.

Otros factores a considerar, derivados de las políticas de la empresa, son:

- ♦ Existen tres turnos, siendo posible el trabajo simultáneo de 50 operarios.
- ♦ El máximo de horas extras diarias permitidas por el contrato colectivo es el 10% de las disponibles en jornada regular.

PLANEACIÓN AGREGADA Y PROGRAMACIÓN MAESTRA

- ♦ No se contempla la posibilidad de despidos de operarios fijos.
 - ♦ Todos los costes son funciones lineales.
 - ♦ La demanda diaria, dentro de cada mes, se considera uniforme y continua.
- Se pide:
- a) Elaborar un primer plan alternativo de ajuste de la capacidad con la estrategia de caza.
 - b) Elaborar un segundo plan alternativo que implique producción constante a lo largo del periodo.
 - c) Recomendar una decisión para elegir aquella alternativa que parezca más conveniente.

Estrategia de caza							
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Acumulado
PLAN DE NECESIDADES	9500 (a)	15000	10000	5000	5000	5000	49000
Días productivos	20	20	22	20	21	20	123
Número de empleados en tiempo normal	90 (b)	140	85	46	45	47	
PLAN AGREGADO	9600	14933	9973	4906	5040	5013	
Disponibile para inventario	600	533	506	412	452	465	
Costeo de la alternativa							Costos
Costo de mano de obra regular (miles)	15840	24640	16456	8096	8316	8272	81626
Variación de mano de obra	-60	50	-55	-39	-1	1	
Costo de contratar personal	0	500	0	0	0	0	500
Costo de despedir personal	900	0	825	525(c)	0	0	2250
Costo por mano de obra ociosa	0	0	0	704	924	528	2156
Inventario final	600	533	506	412	452	465	
Costo de posesión	120	106,6	101,2	82,4	90,4	93	493,6
Costo por entregar con retraso							
Totales							87025,6

- a) Se aumentan en 500 las necesidades de producción para reponer el nivel de inventario deseado.
- b) El número de empleados se calcula con la siguiente expresión:

$$N = (\text{Producción deseada} * \text{horas/unidad}) / (\text{No. horas día} * \text{No. días mes})$$

- c) Para este cálculo se tuvieron en cuenta sólo los operarios a despedir que exceden del número mínimo de 50, pues es restricción no despedir a los 50 de planta: los demás se tienen en cuenta en el cálculo de mano de obra ociosa.

Estrategia de nivelación							
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Acumulado
PLAN DE NECESIDADES	9500	15000	10000	5000	5000	5000	49500
Días productivos	20	20	22	20	21	20	123
Número de empleados en tiempo normal	76 (d)	76	76	76	76	76	
PLAN AGREGADO	8100	8100	8910	8100	8505	8100	49815
Disponible para inventario	-	-	-	-	-	815	
Costeo de la alternativa							Costos
Costo de Mano de Obra Regular (miles)	13376	13376	14713,6	13376	14044,8	13376	82262,4
Variación de Mano de Obra	-74	-	-	-	-	-	-
Costo de contratar personal	-	-	-	-	-	-	-
Costo de despedir personal	1110						
Costo por Mano de Obra ociosa	-	-	-	-	-	-	-
Inventario Final	-900	-7800	-8890	-5790	-2285	815	
Costo de posesión	-	-	-	-	-	163	163
Costo por entregar con retraso	1350	11700	13335	8685	3427,5		38497,5
Totales							120922,9

- d) El número de operarios se calculó sobre la base de 123 días laborales durante los cuales debe permanecer constante la producción.

Al comparar las dos estrategias planteadas se encuentra que el costo de la estrategia de caza es menor que el de la estrategia de nivelación, lo que la hace más recomendable, sobre todo si se tiene en cuenta que un alto porcentaje de los costos de la segunda estrategia se relacionan con entregas retrasadas, lo que resulta en un muy alto costo en imagen corporativa.

La estrategia de caza tiene el inconveniente de la variación constante de la fuerza laboral, situación que es menos grave cuando existe abundante personal calificado o apto para el trabajo en el medio; de no cumplirse esta condición, es un factor relevante en la decisión que se tome.

Debe tenerse en cuenta que entre estas dos estrategias puras se puede optar por combinaciones, como el uso de horas extras o subcontratación para mantener condiciones más estables, a criterio del planificador.

Modelos de programación lineal

La programación lineal es una de las técnicas de la investigación de operaciones que más aplicaciones han tenido en el mundo empresarial, ya que es sencilla, resulta muy familiar a la mayoría de las personas con responsabilidades en tareas de planeación y ejecución y ha sido ampliamente difundida por creadores y vendedores de software para negocios. Su aplicación a la planificación agregada ha tenido gran acogida en círculos académicos y científicos, como lo evidencia la literatura disponible al respecto; a pesar de esto, presenta algunas limitaciones, que han sido señaladas suficientemente, como el determinismo subyacente en el modelo y la dificultad para encontrar fenómenos que sigan un comportamiento netamente lineal en los negocios.

Este modelo está conformado por una función objetivo, en la que se expresa la finalidad de reducir los costos asociados con la estrategia de planificación a escoger. Dichos costos se mencionaron y definieron con anterioridad. El objetivo está limitado por unas restricciones relacionadas con el logro del equilibrio entre la producción y la demanda, la composición de la mano de obra y algunas otras consideraciones adicionales.

Según Torres (2000), el modelo fue originalmente propuesto por Buffa, Hax y Miller (Hax y Harlan, 1975; Buffa y Miller, 1979) y todos los demás modelos son adaptaciones o aproximaciones de aquel. A continuación se presenta una versión tomada del libro de Vollman et ál., ya referenciado:

$$\text{MIN } Z = \sum (\text{ChH}_t + \text{CfF}_t + \text{CrW}_t + \text{CoO}_t + \text{CiI}_t)$$

Sujeto a:

Restricción de inventario:	$I_{t-1} + P_t + O_t - D_t = I_t$
Restricción de producción en tiempo regular:	$P_t = A1W_t$
Restricción de producción en tiempo extra:	$O_t = A2W_t$
Restricción en el cambio de la fuerza de trabajo:	$W_t = W_{t-1} + H_t - F_t$
Restricciones de inicialización:	$W_0 = A3$
	$I_0 = A4$

Donde:

Ch	=	Costo de contratar un empleado
Cf	=	Costo de despedir un empleado
Cr	=	Costo mensual de un empleado en tiempo regular
Co	=	Costo unitario de producción con tiempo extra
Ci	=	Costo mensual de tener una unidad en inventario
Ht	=	Número de empleados contratados en el mes t
Ft	=	Número de empleados despedidos en el mes t

Pt	=	Número de unidades producidas en tiempo regular en el mes t
Ot	=	Número de unidades producidas en tiempo extra en el mes t
Wt	=	Número de personas empleadas en el mes t
It	=	Número de unidades almacenadas en el mes t
Dt	=	Número de unidades demandadas en el mes t
A1	=	Número de unidades que un empleado puede producir en tiempo normal
A2	=	Número de unidades que un empleado puede producir en tiempo extra
A3	=	Nivel del inventario inicial
A4	=	Nivel inicial de la fuerza de trabajo

Este modelo, correctamente aplicado en cada caso, entrega como resultado un plan agregado óptimo desde el punto de vista de los costos y factible por tener en consideración todas las restricciones de capacidad que se hayan modelado. Sin embargo, por las limitaciones ya señaladas y ante la imposibilidad de modelar absolutamente todas las políticas o restricciones del sistema, es muy importante que la interpretación de los resultados obtenidos se realice con conocimiento y juicio crítico para obtener la mejor alternativa posible. Un ejemplo de formulación de un modelo y su solución utilizando Microsoft Excel Solver puede encontrarse al final del capítulo.

Simulación

La simulación es una disciplina que ha alcanzado un elevado número de adeptos, tanto en el campo académico como en el práctico. Nahmias (2006) la define como *un modelo para recrear una situación real que permite al usuario examinar distintos escenarios en un ambiente de laboratorio*; aclara este autor que dichos modelos pueden ser físicos o computarizados y que los que se aplican a la planificación de la producción son de los últimos.

Su principal ventaja está en el hecho de que permite incorporar en los modelos, fuera de las variables y formulaciones matemáticas a que haya lugar, elementos de incertidumbre que resultan muy útiles en sistemas complejos, lo que hace este método muy versátil; además, existe un buen soporte de software aplicativo para su desarrollo. Las aplicaciones más conocidas a la planeación agregada resultan ser las de reglas de búsqueda (Domínguez et ál., 1995; Vollman et ál., 2005; Smith et ál., 2004; Torres, 2001) y la programación por simulación (Domínguez et ál., 1995), consistentes en obtener un plan agregado inicial a partir del cual, de acuerdo con reglas de búsqueda predeterminadas, se obtienen planes alternativos hasta encontrar uno que resulte satisfactorio.

Se advierte en la literatura que la aplicación de la simulación no produce planes óptimos, pero sí se logra corregir algunas deficiencias de la programación lineal, pues es posible tener en cuenta funciones cuadráticas para los costos o la producción; además, pueden realizarse, muy eficientemente, distintas suposiciones que acercan el problema mucho más a su complejidad real.

Métodos multicriteriales

Una de las grandes limitaciones de los métodos formulados con anterioridad es que solo consideran un objetivo como criterio de optimización, generalmente relacionado con la minimización de costos o el incremento de utilidades. Si bien este objetivo siempre es válido, existen otros, como los mencionados en el capítulo 1 de este libro, que deben tenerse en cuenta.

En casos como este, resulta de gran utilidad la modelización multicriterio, que “.. abarca un conjunto de técnicas y métodos capaces de considerar un conjunto de preferencias del centro decisor, que ayudan a la toma de decisiones en cualquier área de la investigación científica y de la vida humana...” (Marrero Delgado, 2001).

Smith et ál. (2004) y Wang et ál. (2004) proponen aplicaciones de los métodos multiobjetivo (multicriteriales) a la formulación de un plan agregado. En su planteamiento, la función objetivo se construye a partir de una jerarquización de diferentes criterios deseables, como minimización de costos, minimización de inventarios, mejoramiento del control, maximización de la estabilidad de la mano de obra, etc.

Las restricciones del modelo están dadas por características del sistema, como capacidad disponible, balance inventario-demanda, disponibilidad de horas extras, política de inventarios, política de subcontratación, política de calidad, etc. Finalmente, el modelo se resuelve en una aplicación informática apropiada y los autores hacen énfasis en la importancia de una buena interpretación de los resultados para que la herramienta resulte de verdad útil.

Aun cuando la literatura disponible para este tipo de aplicaciones no es muy profusa, este campo, sin duda, se convierte en una tendencia importante para actividades de investigación y desarrollo conjunto universidad-empresa.

Aplicación de técnicas de planificación agregada a los servicios

Las organizaciones de servicios también pueden utilizar la planeación agregada, siempre y cuando se tenga en cuenta que la planeación se debe hacer de acuerdo con una solicitud de servicio y no para generar inventarios. Esto implica que los productos terminados no están disponibles para responder a fluctuaciones de la demanda, por lo que son los registros de trabajo pendiente los que pueden incrementarse o disminuirse para utilizar la capacidad a los niveles deseados.

Para los planificadores en el sector de los servicios, el objetivo fundamental es lograr una estabilización relativa de los niveles de producción, por lo que resultan de gran utilidad las estrategias que permiten modificar el comportamiento de la demanda, como diferenciación de precios (tarifas telefónicas nocturnas, entradas a cine de martes a jueves, paquetes turísticos en temporada baja, etc.) y reservación anticipada. Sin embargo, por ser esta una variable no completamente bajo control de la compañía, las estrategias para modificación de la capacidad son igualmente útiles; por esto la contratación de trabajadores temporales en estaciones de alta demanda, la rotación y polivalencia de la fuerza de trabajo para hacerla más flexible, un diseño modular que permita disminuir los tiempos de servicio y la introducción de elementos de automatización ocupan un lugar importante en estas organizaciones.

Igualmente útiles resultan las técnicas para el diseño de los sistemas de servicio; una de las más importantes es la teoría de colas que entrega elementos para la definición del número de estaciones de servicio con base en las condiciones de la demanda y el nivel de servicio esperado.

PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN

El programa maestro de producción (PMP) es el primer resultado del denominado *nivel operativo* dentro del enfoque jerárquico de la planificación, programación y control de la producción. Esta es una de las actividades con las que más comúnmente están familiarizados los planificadores de producción en la industria; el horizonte temporal que cubre está entre 3 meses y un año, en dependencia de la estabilidad del sistema productivo que se programe y de los tiempos de aprovisionamiento, en cuya programación incide fuertemente. En esta sección se introducen los conceptos, objetivos, procedimientos y técnicas más utilizados para la elaboración de este programa, y se delinearán las relaciones que presenta con tareas posteriores del proceso de planificación.

Generalidades del programa maestro de producción

Domínguez et ál. (1995) retoman una definición de Krajewski-Ritzman, según la cual, el programa maestro es un “*plan detallado que establece cuántos productos finales serán producidos y en qué periodos de tiempo*”. Para Vollman et ál. (2005), es “*la traducción del plan de ventas y operaciones (PVO) en productos manufacturables con sus cantidades y tiempos determinados*”, y agrega que, mientras el PVO equilibra la oferta y la demanda, el PMP especifica la mezcla de producción y el volumen por ítem. Las funciones más importantes del programa maestro son:

- Concretar el plan agregado de producción, tanto en cantidades (al desagregar las unidades agregadas en productos específicos) como en tiempo (al establecer momentos específicos para la introducción y obtención de los diferentes pedidos u órdenes).
- Facilitar la obtención de un plan aproximado de capacidad, que permitirá establecer la viabilidad del plan agregado y del mismo programa maestro.

Al igual que para la confección del plan agregado, la determinación de las unidades de planificación en el programa maestro es una decisión importante en el proceso de obtención del programa, que está influenciada por el entorno de producción en el que se ejecutará. Así: para ambientes *make to stock*, las unidades de planificación y control estarán relacionadas con el producto final (unidades de producto, número de toneladas o litros o libras o cualquier otra unidad de producto final); en entornos *make to order* se programarán y controlarán pedidos completos, y en entornos *assembly to order* lo importante será programar y controlar la producción de componentes o subensambles que faciliten la composición de las distintas órdenes del cliente.

Proceso para la confección del programa maestro

El programa maestro de producción está subordinado al plan agregado obtenido con anterioridad. Debe recordarse que el plan agregado se obtuvo a partir de los objetivos generales de ventas y producción de la compañía en su plan corporativo, por lo que solo resta la concreción de dichas metas. La información de entrada para el proceso de confección del PMP está conformada por el plan agregado, información sobre el estado de los inventarios, información sobre órdenes atrasadas o en proceso y compromisos de entrega. Esta información permite visualizar los requerimientos reales de producción para determinados periodos y por consiguiente su programación y la verificación de la disponibilidad de capacidad.

Una vez reunida esta información, el proceso de confección del programa maestro puede dar inicio de acuerdo con los siguientes pasos:

1. Desagregación del plan agregado: El plan agregado se desarrolló teniendo en cuenta una unidad única y general que representaba en pesos, o en tiempo o en unidades de producto, las metas de producción para un determinado periodo. Según Vollman (2005), esto se justifica porque cuanto más plazo se cubra y más agregado sea el nivel de proyección, más preciso es el pronóstico; sin embargo, la concreción es necesaria para que sirva de base a la actividad productiva. Este mismo autor recomienda que la desagregación se realice con base en participaciones históricas de los diferentes ítems dentro de la familia planificada, siguiendo la estructura del pronóstico piramidal que se presenta en la sección 2.1.

Para la desagregación de las cantidades debe tenerse en cuenta que:

- La suma de las cantidades del PMP debe coincidir con las del plan agregado.
 - La desagregación debe ser eficiente, es decir, la desagregación en familias debe hacerse a partir de la mezcla de productos que las forman, de acuerdo con su participación histórica en el mercado y buscando minimizar los costos derivados de la determinación de los tamaños de lote y de su asignación a los centros de trabajo.
 - Deben evitarse los inventarios negativos.
2. Desagregación en cubos de tiempo: Con el fin de facilitar la programación y la determinación de fechas de envío y demás, el plan agregado debe descomponerse también en unidades de tiempo más cercanas; generalmente se utilizan periodos mensuales con revisiones semanales con el fin de hacer un seguimiento efectivo. El horizonte del programa maestro está entre 3 meses y un año; es más largo mientras más estandarizada sea la producción y mientras más elevado sea el nivel tecnológico del proceso. Domínguez et ál. (1995) sugieren que para empresas que trabajan con ambientes MRP los horizontes de programación pueden ser cercanos a un año y no recomienda más de tres meses para las demás.

El horizonte de planificación total se divide a su vez en tres periodos, para lo cual se tiene en cuenta la maleabilidad de la programación realizada. Durante el periodo *fijo*, correspondiente a una o dos semanas, muy cercanas al presente, no es posible realizar modificaciones a la programación, o al menos no sin un proceso de decisión participativo y con justificaciones muy claras, pues en este momento ya se deben haber liberado órdenes de trabajo y se deben haber coordinado las labores de aprovisionamiento, así que cualquier variación en el programa maestro afecta a las compras y a la programación del taller.

El periodo *semifijo* corresponde a una o dos semanas siguientes al periodo fijo. Durante este tiempo es posible realizar modificaciones con un poco más de libertad que en el periodo anterior, pero de todas maneras sujetándose a las programaciones de aprovisionamiento ya realizadas y teniendo en cuenta compromisos establecidos con anterioridad. El periodo *flexible* es el más lejano del momento actual; no hay ninguna restricción para realizar pedidos, efectuar cambios o llevar a cabo diferentes modificaciones en la planeación realizada.

Vollman (2005) utiliza las denominadas *vallas de tiempo*, cuyo objetivo es, igual que en la definición de los periodos anteriores, blindar el programa frente a variaciones inconsultas que puedan alterar fuertemente las disponibilidades del sistema. Estas *vallas de tiempo* actúan como periodos fijos y las clasifica en *vallas de tiempo para la demanda*, que es el periodo para el cual no deben establecerse nuevos compromisos de entrega pues ya se ha llegado al límite de utilización de las capacidades y disponibilidades del sistema; y *vallas de tiempo de planeación*, que es un periodo más largo que el anterior, durante el cual no se realizan varia-

- ciones provenientes de ninguna otra fuente de demanda, es decir, este periodo protege al programa de variaciones surgidas en requerimientos de promoción, consumo interno o cualquier otra fuente de demanda no prevista.
- Cualquiera que sea la nominación o procedimiento que se utilice, lo importante en la definición de estos periodos es que deben establecerse de tal manera que sean adecuados a las expectativas de los clientes y a los procedimientos internos, para lograr el equilibrio necesario de tal manera que no se produzcan incumplimientos ni reprogramaciones demasiado costosas.
3. Programa maestro propuesto: El resultado así obtenido a partir de la desagregación del plan agregado tanto en cantidades como en tiempo, debe ajustarse a partir de previsiones a corto plazo, disponibilidades de inventario, pedidos en curso y otras fuentes de demanda, incluidos los ajustes que deben realizarse por consideración de los lotes mínimos de producción que se hayan establecido. Este plan desagregado y ajustado, pero que sigue siendo coincidente con las cantidades totales previstas en el plan agregado, es lo que se denomina programa maestro propuesto o inicial. En él se especifican las cantidades y los periodos en los cuales se espera que sean producidas, pero aún no se ha validado esta proyección con respecto a la capacidad disponible.
 4. Plan de carga aproximado: Es el resultado de cotejar el programa maestro propuesto con las capacidades disponibles en el sistema a partir de las medidas adoptadas en el nivel de planificación agregada. Es importante aclarar que en el plan agregado se desarrolló un ejercicio análogo; se recordará que en la confección de este se tomaron decisiones sobre medidas de ajuste de capacidad como contratación o despido de trabajadores, utilización de horas extras, y otras; sin embargo, el mayor nivel de desagregación exigido por el programa maestro requiere que la capacidad de cada uno de los centros de trabajo sea nuevamente medida y ajustada.
- Los requerimientos de capacidad provienen no solamente de los tiempos de operación de las unidades programadas, sino que también deben considerarse las implicaciones de la lotificación, las tasas de defectuosidad, los tiempos de preparación y demás factores que puedan alterar la disponibilidad planificada. Con el fin de realizar esta verificación se pueden utilizar algunas técnicas de las que las más importantes son las listas de capacidad y los perfiles de recursos⁵.

Listas de capacidad

Indican el tiempo estándar total que se utiliza para elaborar un producto final en cada centro de trabajo requerido para su manufactura. Para su adecuada elaboración debe tenerse en cuenta, además del programa maestro propuesto, la información sobre las rutas de producción y estándares de tiempo para cada una

⁵ Ver: Domínguez et ál. (1995), p. 107; Vollman et ál. (2005), p. 360.

de las operaciones que deben programarse. Con estos datos y a partir de operaciones aritméticas simples, puede obtenerse la *carga* que genera en cada centro de trabajo la obtención de los productos programados; esta carga debe confrontarse con la capacidad disponible (calculada mediante la expresión 2.3). En caso de que la carga de trabajo sea menor o igual que la capacidad disponible, el programa puede ser validado; en caso contrario, deben tomarse medidas de ajuste que se considerarán posteriormente.

En cuanto a las ventajas que presenta esta técnica, quizá las más destacadas son:

- Las listas son fáciles de elaborar y, una vez concluidas, podrán ser aplicadas a los diferentes PMP, sin que sea necesario actualizarlas hasta que cambie alguna de las informaciones técnicas de las que parten.
- Requieren poco tiempo de computación y pueden desarrollarse manualmente.
- Permiten una conexión muy clara de la carga de los centros de trabajo (CT) con los pedidos que la generan, lo que facilita la elaboración de planes alternativos y la reprogramación.
- Dan una información que, en muchos casos, será suficientemente completa para este nivel de detalle, sobre todo si se interpretan adecuadamente los resultados.

Inconvenientes principales:

- No consideran la carga que generan los pedidos en curso de ítems finales.
- No tienen en cuenta las disponibilidades y pedidos en curso de componentes, dado que no se incluyen en el PMP.
- No tienen en cuenta la distribución temporal de las cargas, pues no consideran que estas se repartirán a lo largo del tiempo de suministro del producto final y de sus componentes.
- No tienen en cuenta el dimensionado de los lotes de los componentes; puede ocurrir que los necesarios para varios pedidos de los productos finales se reúnan más tarde en uno solo de los componentes, o que se emitan varios pedidos de componentes para un solo pedido de producto final; ello cambiaría también la distribución de las cargas en el tiempo.

Perfiles de recursos

La elaboración de los perfiles de recursos permite incluir las entregas de producción a los distintos centros de trabajo y desfasar los tiempos de acuerdo con las precedencias. El proceso consiste en que, una vez establecidas las cargas por unidad de producto final y por unidad de cada componente, estas se calendarizan con base en los tiempos de suministro, y se obtienen los perfiles de carga de cada centro. Esta técnica presenta las mismas ventajas mencionadas para las listas de capacidad, aunque reviste una mayor complejidad en sus cálculos, por lo que es muy recomendable utilizar un software aplicativo para su implementación. No obstante, se

corrige el inconveniente de las listas de capacidad relativo a la distribución de las cargas en el tiempo, dado que considera los tiempos de suministro.

Sin embargo, esta distribución no es, quizá, suficientemente exacta como para paliar las desventajas que se señalaron. Primero, porque la distribución se hace siempre con criterios aproximados y, segundo, porque sigue sin poder tener en cuenta el dimensionado de los lotes de componentes que, normalmente, harían que incluso un buen criterio de calendarización dejara las cargas establecidas muy lejos de su distribución real en el tiempo.

5. Si no hay incoherencias, se aprueba el PMP propuesto; de lo contrario, se lo modifica.

La contrastación de los perfiles de carga con la capacidad disponible puede llevar a dos conclusiones: existe la suficiente capacidad para llevar adelante el programa propuesto, sin ninguna modificación, o es necesario realizar ajustes pues existe un déficit de capacidad. En este segundo caso, la deficiencia de capacidad puede ser coyuntural, es decir, solo se presenta un déficit temporal y puede corregirse con medidas de igual naturaleza, o el déficit es estructural y en ese caso es necesario que se tomen medidas a nivel estratégico para corregir la deficiencia.

En el nivel en que se desarrolla esta actividad de programación, solo es posible aplicar medidas de ajuste coyuntural, como las que ya se explicaron en la sección 2.3, relacionadas con programación de horas o turnos extras, contratación o despido de personal temporal, subcontrataciones, y otras.

Un ejemplo simple de este procedimiento se muestra a continuación:

Ejemplo 4

La compañía Tronic S. A. formuló su plan agregado y para el mes de julio tiene pronosticada una demanda de 1000 unidades para su línea de sensores, la cual abarca tres referencias de productos denominadas Isel, Autonics y Nais.

De acuerdo con el comportamiento estimado de la demanda, la referencia Isel tiene una participación del 50% en el mercado, la referencia Autonics participa con un 30% de los pedidos y la Nais con el 20%.

La fabricación de los sensores requiere tres centros de trabajo y, según la oficina de ingeniería industrial, los estándares de tiempo para cada referencia en cada centro de trabajo son como sigue:

Referencia	Ensamble	Prueba	Empaque
Isel	25 min.	10 min.	5 min.
Autonics	20 min.	15 min.	4 min.
Nais	20 min.	8 min.	7 min.

La empresa trabaja un solo turno de 8 horas diarias con 30 minutos de descanso de lunes a viernes.

Cada uno de los centros de trabajo tiene una asignación de operarios como sigue:

Ensamble: 4 operarios	U = 0,9	E = 0,8
Prueba: 2 operarios	U = 0,9	E = 0,8
Empaque: 1 operario	U = 0,8	E = 0,85

De acuerdo con la información suministrada y con el procedimiento previamente descrito, la descomposición en cubos de tiempo y en referencia sería como sigue:

Unidades agregadas = 1000

Isel (50%) = 500

Autonics (30%) = 300

Nais (20%) = 200

Se asumirán cuatro semanas para el mes de julio:

	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
Isel	125	125	125	125
Autonics	75	75	75	75
Nais	50	50	50	50

Ya se ha cumplido entonces la fase de desagregación, tanto de cantidades como en cubos de tiempo. Para la formulación del programa maestro propuesto o inicial se asumirá que existen inventarios a 30 de junio así:

Isel = 50 unidades

Autonics = 20 unidades

Nais = 0 unidades

Se han establecido también unos compromisos de entrega para las semanas 1 y 2 como sigue:

	Sem. 1	Sem. 2
Isel	200	150
Autonics	100	
Nais		80

Con base en esta información, y teniendo cuidado de mantenerse siempre dentro de las 1000 unidades consideradas en el plan agregado, el PMP inicial queda como sigue:

	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4
Isel	150	150	100	100
Autonics	80	70	75	75
Nais	65	65	35	35

Ahora debe elaborarse el perfil de cargas con el fin de validar el programa maestro; para ello se utilizará la técnica de listas de capacidad, con lo que se obtiene el siguiente resultado para la primera semana:

PLANEACIÓN AGREGADA Y PROGRAMACIÓN MAESTRA

	Ensamble	Prueba	Empaque
Isef (150)	3750	1500	750
Autonics (80)	1600	1200	320
Nais (65)	1300	520	455
Requerimiento total	6650	3220	1525
Capacidad	6480	3240	1530
Déficit/superávit	170	40	5

Puede notarse que, al realizar el perfil de cargas, se presenta un déficit de capacidad en el centro de trabajo 1 equivalente a 170 horas para la primera semana. Este déficit puede resolverse de distintas maneras:

- Contratar algún tiempo extra.
- Desplazar producción, por ejemplo algunas unidades de Nais, pues se adelantó producción para cubrir el pedido de la semana 2, por lo que aún cabe desplazar un excedente.
- Renegociar entregas; esta en cualquier caso debe ser la última opción, pues la imagen ante el mercado es uno de los principales activos de cualquier empresa.

Consideraciones adicionales

El programa maestro de producción es una actividad central dentro del proceso de planificación, programación y control de la producción, inclusive para muchas empresas; tal como lo señala Domínguez (1995), es la primera actividad sistemática dentro de ese proceso puesto que no todas desarrollan un plan agregado. Las funciones que cumple este nivel de programación son realmente importantes para la estabilidad y la operación adecuada y efectiva del sistema de producción, puesto que de él dependen las decisiones de aprovisionamiento, la emisión de órdenes de taller y la adecuada asignación y utilización de los recursos de producción.

Resulta importante, entonces, entender los actores y características de este proceso:

- El programa maestro tiene interdependencia directa con la programación de los recursos de la empresa (ERP, MRP), de la que es uno de sus insumos más importantes; con la administración de la demanda, pues es en este nivel donde se definen con mayor certeza las fechas y condiciones para el cumplimiento de los pedidos; con la planificación de la capacidad, por lo que ya se describió en el procedimiento anterior, y con la planificación financiera general, debido a que en este nivel se concretan las necesidades de recursos para la operación de la firma.

- ♦ La implementación del programa maestro seguramente implicará revisiones continuas, las que deberán hacerse manteniendo siempre la continuidad y coherencia del proceso jerárquico dominante, y los horizontes de planificación previamente identificados.
- ♦ Una de las tareas fundamentales del programa maestro es la de regir la determinación de las fechas y condiciones en las cuales serán entregados los pedidos a los clientes. Este es uno de los momentos de verdad más importantes en la relación con el cliente, por lo que resulta de gran interés un conocimiento profundo del sistema y de las condiciones del mercado para armonizar los dos entornos con una propuesta seria que sirva de base a una relación confiable y mutuamente satisfactoria.
- ♦ La estabilidad del programa es una característica fundamental que debe construirse y mantenerse. Para ello es muy importante respetar los tiempos de congelamiento o vallas de tiempo mencionadas, ya que de esta manera se asegura una operación estable y un buen nivel de servicio al cliente.

Planeación agregada y programación maestra en el entorno industrial colombiano

La industria colombiana enfrenta en la actualidad grandes retos derivados de la creciente liberalización y globalización de los mercados mundiales; esto ha hecho que los empresarios y gerentes en todos los niveles de la organización hayan desarrollado un elevado interés por la implementación de prácticas de planificación y administración de las distintas actividades organizacionales. A pesar de ello, algunos estudios de campo que se han realizado por investigadores y académicos colombianos (Kalenatic, 1987; Vargas, 1990; Blanco y Kalenatic, 1994; Kalenatic y López, 1995; Torres, 2001, Urquiaga y Cárdenas, 2004) han señalado deficiencias en los procesos de planificación, programación y control de la operación.

De manera específica, en el campo de la administración de la demanda y la planeación agregada, Torres (2001) señala que para las pymes su desarrollo es *prácticamente nulo*; esto es comprensible pues son muy pocas las empresas que adelantan este nivel de planificación; algunas de las causas más frecuentes están relacionadas con una marcada orientación hacia el trabajo en entornos *make-to-order* que, según los programadores, dificulta tener un conocimiento aproximado de la producción esperable, la escasa credibilidad en los pronósticos y una escasa cultura de manejo de la información que los haga posibles (López, 2005; Cárdenas y Urquiaga, 2004). Algunas situaciones específicas del entorno de los negocios, como la relación entre grandes y pequeñas empresas, siendo estas proveedoras de aquellas, ha acentuado la deficiencia en esta práctica, pues las pequeñas empresas se limitan a la programación detallada de los planes ya enviados con anterioridad por las primeras.

Debe hacerse la aclaración de que esta situación es especialmente válida en las pymes, pues las grandes empresas tienen un comportamiento diferente, en general poseen departamentos de planeación y han demostrado gran afinidad con la inversión en software y administración de sistemas de información que favorecen una actividad sistemática de proyección y planeación del trabajo.

En el campo de la programación maestra, existe menos referenciación en la literatura consultada; sin embargo, una investigación adelantada sobre las prácticas de administración de la producción en empresas del sector metalmecánico de la ciudad de Manizales y Villamaría (Rojas, Muñoz, 2003) ha permitido establecer que no existe mucha claridad en este nivel de programación, pues lo que se denomina programa maestro en un gran porcentaje de las empresas encuestadas es un programa semanal, realizado con base en pedidos de clientes, sobre el que aún se consideran variaciones día a día (es decir, no se establecen las necesarias vallas de tiempo) y que no gobierna, en la mayoría de los casos, la función de aprovisionamiento, pues este aún se hace con lotes económicos, en el mejor de los casos.

Una revisión a los proyectos de investigación aprobados por Colciencias o a las propuestas financiadas por algunas universidades (Universidad Nacional de Colombia, Universidad de la Sabana, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, entre otras) demuestra que hay una creciente preocupación por perfeccionar metodologías, procedimientos, herramientas tecnológicas que soporten las actividades de planificación, programación y control de la producción en la industria colombiana, especialmente en el sector de las pequeñas y medianas empresas, buscando una mayor eficiencia y posibilidades de competir en las condiciones de mercado que actualmente se imponen.

De igual manera se observa un creciente interés de las empresas por informarse y actualizarse en nuevas tecnologías y enfoques administrativos, como los sistemas MRP y ERP, o filosofías de gestión como justo a tiempo y teoría de restricciones, que han ido ganando terreno en el interés y esfuerzos de capacitación de un buen número de empresarios y gerentes (Gómez y Molina, 2005). Falta en referencias

RESUMEN

El presente capítulo se desarrolló en cinco secciones. Las secciones 2.1 y 2.2 estuvieron dedicadas a presentar dos temas de gran importancia para el proceso de planificación y programación posterior, pues la administración de la demanda y la determinación de la capacidad son dos insumos fundamentales para el deseado equilibrio oferta-demanda que marca una situación ideal en la relación de la empresa con su mercado.

La sección 2.3 expuso las generalidades, estrategias, técnicas y otras aplicaciones de la planeación agregada. Esta actividad del nivel táctico del proceso de planificación, programación y control de la producción, tiene como función principal servir de enlace entre la alta dirección de la empresa y el nivel operativo de la misma, de tal manera que se mantenga una comunicación fluida que permita hacer seguimiento a las metas organizacionales al tiempo que se dimensionen los esfuerzos para lograrlas.

Se presentaron las estrategias básicas que pueden utilizarse para la formulación del plan agregado, así como las técnicas y los costos asociados, cuya consideración permitirá la selección de la mejor alternativa desde el punto de vista de los costos y las políticas de la empresa.

En la sección 2.4 se desarrolló el tema del programa maestro. Tras una breve descripción de sus características y funciones, se describió e ilustró el procedimiento general para su confección y evaluación y se realizaron algunas consideraciones finales sobre la importancia de esta etapa del proceso.

Resulta importante reiterar la interdependencia que el programa maestro tiene con etapas anteriores y posteriores del proceso de planificación, programación y control de la producción: con el plan agregado y la administración de la demanda porque le sirven de insumo fundamental y con la programación de las necesidades de materiales y de capacidad porque son parte integral del proceso. Algunos autores (Vollman, 2005; Gaither y Frazier, 1998) inclusive tratan el programa maestro de manera simultánea con la programación de materiales y utilizan las mismas herramientas en ambos casos.

Finalmente, el capítulo hizo una breve referencia a la práctica de la planificación agregada y la programación maestra en la industria colombiana, la que en términos generales aparece como deficiente (y en algunos casos ausente), especialmente en las pequeñas y medianas empresas, pero que al mismo tiempo aparece como esperanzadora, pues existe evidencia de un marcado interés científico y académico desde hace ya un largo periodo, reflejado en tesis de maestría y doctorado, proyectos de investigación y una creciente conciencia de la importancia del perfeccionamiento de estas prácticas por parte de los industriales nacionales.

REFERENCIAS

1. Acevedo Suárez, J. A.; Urquiaga Rodríguez, A. J.; Gómez Acosta, M. I. y Hernández Torres, M. (1996). *Gestión de las capacidades en los sistemas logísticos*. Corporación John F. Kennedy, Bogotá.
2. Buffa, E. y Sarin, R. (1992). *Administración de la producción y de las operaciones*. Limusa, Los Ángeles.
3. Chase, R.; Aquilano, N. y Jacobs, F. (2000). *Administración de la producción y las operaciones*. Octava ed. McGraw-Hill.
4. Chen, J.; Chen, Ch. & Lin, J. (2005). Capacity planning with capability for multiple semiconductor manufacturing fabs. *Computers & Industrial Engineering* 48. Disponible en: www.elsevier.com
5. Colectivo de autores. Material de curso. Consultado en www.csi.mty.itesm.edu.mx
6. Domínguez, J. y otros. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill, Madrid.
7. Erol, M. (1999). *Analysis of production planning in case of random demand*. *Computers and industrial engineering*. No. 37. Disponible en www.elsevier.com
8. Gaither, N. y Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones*. 8ª ed. International Thomson Editores, México.
9. Gómez Suárez, M.C. y Molina Rivera, L.F. (2005): *Evaluación de los sistemas productivos y la gestión logística en pymes metalmecánicas*. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
10. Guinet, A. (1999). A Primal-Dual Approach for Capacity-constrained Production Planning with Variable and Fixed Costs. *Computers & Industrial Engineering*. vol. 35, Nos. 1-2, pp. 153-156. Disponible en: www.elsevier.com
11. Kogan, K. y Khmelnsky, E. "An optimal control method for aggregate production planning in large-scale manufacturing systems with capacity expansion and deterioration". *Computers ind. Engng*, vol. 28, No. 4. Disponible en www.elsevier.com
12. Marín, J. *Programación mixta: planeación agregada*. Consultado en www.jmingeniería.com/io/ejplaneacionagregada.htm
13. Marrero Delgado, F. (2001). "Procedimientos para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y transporte de la caña de azúcar. Aplicaciones en el CAI de la provincia de Villa Clara". Tesis de doctorado. Universidad Central "María Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba.
14. Mathur, K. y Solow, D. (1996). *Investigación de operaciones: el arte de la toma de decisiones*. Prentice Hall, México.
15. Nahmias, S. (2006). *Análisis de la producción y las operaciones*. Primera edición en español. Tercera reimpresión. Cecsca, México.
16. Paredes, J. (2001). *Planeación y control de la producción*. Cuenca. Consultado en www.monografias.com
17. Rebas, M. *Sistemas de planificación y control de la producción*. Consultado en www.dmi.uib.es/burguera/download/treball_maties.doc

18. Rojas Muñoz, A.F. y Muñoz Castaño, T. (2003): *Caracterización del sector metalmecánico de la ciudad de Manizales, a partir de sus prácticas de administración de la producción y los inventarios*. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Manizales.
19. Schroeder, R. (1992). *Administración de operaciones*. McGraw-Hill. Tercera ed.
20. Smith, R. y otros. (2004). Un enfoque de análisis multiobjetivo para la planeación agregada de producción. En: *Dyna*, año 41, No. 141. Medellín.
21. Torres Acosta, J. (2001). "Procedimiento para la planificación agregada en la pequeña y mediana industria manufacturera". Tesis doctoral. UCLV. Santa Clara, Cuba.
22. Universidad de Monterrey. *Planeación y control de la producción: planeación agregada*. Consultado en www.udem.edu.mx/paso/académico/.../plan-agregada.index.htm
23. Vollman, T. y otros (2005). *Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros*. Quinta ed. McGraw-Hill, México.
24. Wang, R. & Liang, T. (2004). "Application of fuzzy multiobjective linear programming to aggregate production planning". *Computers and Industrial Engineering*, No. 46. Disponible en www.sciencedirect.com
25. Yan, H.; Zhang, X. & Jiang, M. (2004). "Hierarchical production planning with demand constraints". *Computers and Industrial Engineering*, No. 46. Disponible en www.sciencedirect.com

3. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Jaime Alberto Giraldo García

Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales

INTRODUCCIÓN

El propósito de este capítulo es proveer una aproximación conceptual a las herramientas y técnicas empleadas más frecuentemente en la programación y control de la producción. Se inicia el capítulo con una conceptualización en torno al hilo que debe llevarse entre la planeación a largo y mediano plazo con la programación en el corto plazo. Seguidamente se hace una diferenciación entre la programación enfocada a los procesos y a los productos, la cual lleva al acuerdo de emplear la programación de requerimientos de materiales y capacidad (MRP-CRP) como base para la programación a corto plazo. En el corto plazo se describen las técnicas empleadas en carga, secuenciación y programación de operaciones. Finalmente se muestra la importancia de emplear la simulación discreta en configuraciones *job shop* y el estado del arte en investigación en algunos temas de programación y control de la producción.

Conceptualización general

Después de abordar los aspectos tácticos y estratégicos del sistema de producción, en los cuales se tomaron decisiones estructurales interrelacionadas, como qué productos o servicios van a elaborarse y mediante qué procesos; cuál es la capacidad a largo y mediano plazo y los recursos necesarios para conseguirla; además de la localización de la actividad productiva y distribución en planta, se está entonces listo para, a corto plazo y a partir del plan de producción agregado traducido en el plan maestro de producción, detallar en el tiempo y en el espacio las actividades que se van a desarrollar en las distintas unidades productivas. Una detallada aproximación conceptual a la programación y control de la producción nos la proporciona el enfoque jerárquico de planificación de la producción propuesto por Domínguez

Machuca et ál. (1995). En este enfoque cada nivel tiene sus propias metas, pero teniendo siempre en cuenta las de nivel superior, de las cuales dependen, y las de nivel inferior, a las que restringen.

En la figura 3.1 se describe cómo este enfoque permite la coordinación entre los objetivos, planes y actividades de los niveles estratégico, táctico y operativo. A partir de allí se muestra cómo se llevará a cabo la programación detallada (en cantidades y momentos de tiempo) de los componentes que integran los distintos productos y la planificación detallada de la capacidad requerida por estos en cada centro de trabajo, y seguidamente se obtienen el plan de materiales y el plan detallado de capacidad. Debe resaltarse la labor adicional de procesamiento de órdenes o planes de ruta y asignación de órdenes a centros de trabajo, lo cual es común en la configuración *job shop*.

El plan de materiales se traduce en un programa de operaciones que tiene en cuenta las prioridades de fabricación y en unas acciones de compra de materias primas y componentes de procedencia externa. El plan de capacidad se controla mediante un mecanismo *input/output* que permite identificar problemas de insuficiencia de capacidad, exceso de capacidad, dificultades de producción entre grupos de estaciones interconectadas, etc., para proporcionar retroalimentación a este nivel y a los niveles superiores. Finalmente el informe de producción cotejado con el programa detallado de operaciones permite controlar la ejecución.

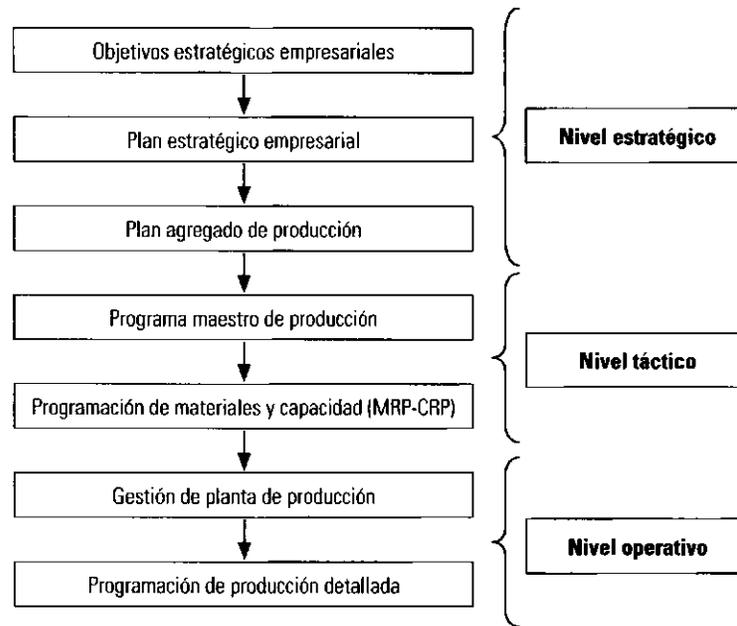


Figura 3.1 Estructura de un sistema jerárquico de planificación y control de la producción.

Fuente: Basada en los aportes de Domínguez Machuca et ál. (1995) y Vollman (2004).

La posibilidad de aplicar este enfoque en lo referente a la programación y control detallados de la producción la expresa el autor mencionado al decir: "... las características propias de cada sistema productivo no deben alterar el enfoque jerárquico de planificación de la producción a nivel estratégico y táctico... las diferencias fundamentales aparecerán en el nivel de planificación operativa (programación de componentes) y en la más detallada, que se lleva a cabo en la fase de ejecución. Aquí no hay un método universal aplicable a todos los contextos y a todos los tipos de configuraciones productivas". De esta afirmación se desprende claramente que no hay fórmulas generales; no obstante, existen modelos de gestión apropiados a ciertos contextos y configuraciones productivas:

- Para entornos de producción multietapas con diversidad de productos que se fabrican por lotes con un gran número de componentes se desarrollará un enfoque MRP-CRP.
- Para entornos en que la diversidad disminuye y la repetitividad aumenta, las técnicas aportadas por el justo a tiempo (JIT) será el enfoque adecuado.
- Para procesos productivos en los que pueden aparecer "cuellos de botella" que limiten la capacidad de las instalaciones, la tecnología de producción optimizada (OPT) es un enfoque apropiado para la gestión de talleres.
- Y para el caso de configuraciones productivas que desarrollan un número reducido de productos de gran tamaño en pequeñas cantidades trabajando sobre pedido, técnicas como PERT y CPM son la forma adecuada de programar la producción.

Autores como Vollman (2004), Domínguez Machuca et ál. (1995a), Gaither et ál. (1999), consideran que la técnica MRP tanto para el caso de JIT como de OPT puede emplearse como complemento para la programación de componentes. Este último nos aporta una programación detallada enfocada a los procesos (*job shop*) y otra enfocada al producto (*flow shop* y flujo continuo); la primera se considera la de mayor complejidad. La figura 3.2 ilustra el modelo de programación a muy corto plazo (día a día) enfocado al proceso, en el que de igual manera se plantea un diseño de producto y proceso simultáneo.

Con respecto a la figura 3.1 debe resaltarse la labor adicional de procesamiento de órdenes o planes de ruta y asignación de órdenes a centros de trabajo lo cual es común en la configuración *Job Shop*. De igual manera en la figura 3.2 se plantea un diseño de producto y proceso simultáneo.

En la tabla 3.1 se muestran las implicaciones de la programación detallada según sea enfocada a los procesos o a los productos. Las fábricas enfocadas al proceso son aquellas en las cuales los centros de trabajo están organizados alrededor de tipos similares de funciones; por lo general las tareas se procesan en lotes, basándose el tamaño del lote en el tamaño del pedido del cliente o en alguna cantidad económica; cada tarea u orden sigue una ruta específica a través de varios centros de trabajo y se

produce un bajo volumen de muchos productos. En las fábricas enfocadas al producto los lotes son estándar y siguen caminos lineales directos; los tamaños de lote son grandes y al pasar a producir un producto diferente el sistema de producción debe cambiarse.

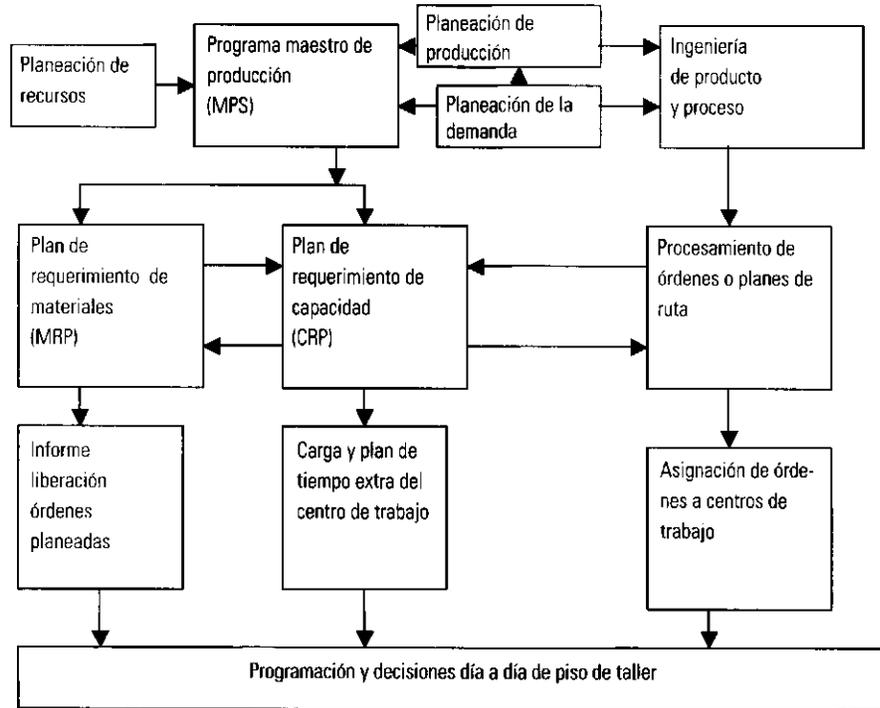


Figura 3.2 Programación de piso de taller en operaciones enfocadas a los procesos.
 Fuente: Basada en los aportes de Gaither et ál. (1999) y Vollman et ál. (2004).

Tabla 3.1 Características e implicaciones de programación en manufacturas enfocadas al proceso y al producto.

Manufactura enfocada a los procesos		Manufactura enfocada a los productos	
Características	Programación	Características	Programación
Operaciones similares se agrupan con una supervisión común.	Se desarrollan numerosos programas individuales de centros de trabajo.	Los pasos de la producción están acoplados entre sí en disposiciones físicas de productos.	La producción está programada concentrándose en programa de entrada de materias primas (MRP) y en programa de salida (MPS).

PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Manufactura enfocada a los procesos		Manufactura enfocada a los productos	
Características	Programación	Características	Programación
Los productos son muy diversos y algunas veces diseñados sobre pedidos.	Gran cantidad de planeación de preproducción es necesaria para establecer rutas.	Los productos son diseños estándar. Componentes, pasos del proceso y secuencia de operaciones son conocidos.	Se requiere poca planeación de preproducción.
Los pasos del proceso no están acoplados y las órdenes pueden seguir una multitud de trayectorias a través del sistema de producción.	Un sistema de producción complejo debe planear y controlar el movimiento de las órdenes a través del sistema de producción.	El ritmo de la producción es superior a la tasa de demanda de los productos.	Las preocupaciones predominantes en programación son de sincronización de cambios en las máquinas y del tamaño de lotes de producción.
Se acumulan inventarios en proceso entre pasos del proceso. Trabajadores y máquinas son multifuncionales.	Existe gran flexibilidad en el desplazamiento de trabajadores y máquinas de una orden a otra.	Los productos pueden elaborarse para inventario, en vez de hacerse sobre el pedido del cliente.	Los programas pueden basarse en lotes económicos de producción para productos que no tengan presión de entrega.
Los productos típicamente son del tipo de producir sobre pedido.	Largos plazos de entrega son necesarios para la manufactura. Se utiliza MRP y MPS.	La naturaleza tipo oleoducto de la línea de producción implica que los materiales fluyan continuamente hasta que se emiten al final.	Las actividades clave de actualización de la planeación se refieren a suministrar materiales a la línea y retirar unidades terminadas de la misma.

Fuente: Recopilación basada en los aportes de Gaither et ál. (1999).

De la tabla anterior y aproximándonos conceptualmente podríamos concluir que:

- Son más exigentes las implicaciones de programación detallada por procesos que por productos.
- Ambas configuraciones emplean la técnica MRP.
 - La configuración *job shop* puede apoyar su programación detallada con un modelo de gestión híbrido entre MRP y JIT.
 - Las configuraciones *flow shop* y flujo continuo se apoyarían en modelos de gestión entre JIT y OPT.

De otra parte, Nahmias (1999) ratifica la importancia del MRP como base para la programación de operaciones al decir que "... La planeación agregada tiene por objeto la macroprogramación de los niveles de mano de obra y los niveles de producción general para las empresas. El control detallado de inventarios concierne a los métodos de

programación de la producción a nivel de artículo individual, y la planeación de requerimientos de materiales suministra los calendarios de producción para artículos finales y subensambles en la estructura del producto...”. Igualmente nos describe las clases de problemas de programación de operaciones que puede enfrentar una empresa. En la tabla 3.2 se resumen estos problemas típicos de programación.

Tabla 3.2 Problemas típicos de programación de operaciones.

Problema de programación	Descripción
Programación tipo taller	También llamada control del piso de máquinas, piso de fabricación o piso de producción, es el programa de actividades productivas que transforma las entradas (un conjunto de requerimientos) en salidas (productos que cumplan con esos requerimientos).
Programación de personal	En el sector servicios, un ejemplo de ello es la programación de los profesionistas de la salud en hospitales y en otras instalaciones de salud. Otro ejemplo en el sector de manufactura es el problema de programación de personal en la determinación del cumplimiento de picos de demanda con turnos de tiempo extra, turnos nocturnos o subcontratación.
Programación de instalaciones	Este problema tiene importancia especial cuando las instalaciones son el cuello de botella.
Programación de vehículos	Las empresas manufactureras deben distribuir sus productos en forma económica y puntual. Algunas operaciones de servicio, como los sistemas de taxis por teléfono, implican recoger y entregar bienes y/o personas. La determinación de la ruta de vehículos es un problema que se presenta en muchos contextos.
Programación de vendedores	Para empresas con sistemas justo a tiempo (JIT), la programación de las entregas por parte de los vendedores es un asunto logístico importante. Se debe coordinar la compra con todo el sistema de entrega de producto para asegurar que los sistemas JIT de producción funcionen con eficiencia.

Fuente: Basada en los aportes de Nahmias (1999).

Existe pues en la literatura un cierto acuerdo entre los diversos autores en el sentido que una técnica que es común en la programación de operaciones es el MRP, cuyas salidas: plan de requerimientos de materiales y plan de requerimientos de capacidad son la base para la programación y control a muy corto plazo al establecer los lotes a obtener de cada parte componente y producto final y los requerimientos de capacidad para cada periodo de tiempo del horizonte de programación. La programación y control a muy corto plazo debe responder a preguntas como: ¿Qué lotes (o pedidos) deberá elaborar cada centro de trabajo? ¿En qué orden deben realizarse? ¿Cuáles son las fechas de inicio y terminación de cada operación? Las respuestas las

podemos encontrar en la definición que hace Domínguez Machuca et ál. (1995b), al referirse a la programación y control de la producción como “... las actividades encaminadas a programar, controlar y evaluar las operaciones de producción a muy corto plazo, para lograr el cumplimiento del programa maestro con la capacidad disponible y con la mayor eficiencia posible”. Para este autor las actividades mencionadas pueden ejecutarse mediante las siguientes seis funciones:

1. Evaluación y control de los lotes a fabricar del plan de materiales.
2. Establecimiento de las prioridades entre los trabajos a desarrollar, ordenándolos por centro de trabajo y asignándolos a cada uno de ellos.
3. Rastrear la evolución de los trabajos en curso a través de los centros de trabajo, estableciendo la situación de los mismos al final de cada jornada y controlando las cantidades de partes.
4. Controlar el desarrollo de las operaciones en los centros de trabajo, estableciendo los tiempos empleados y desperdiciados.
5. Controlar la capacidad de cada centro de trabajo, mediante la comparación de la carga y capacidades programadas con las reales, a fin de tomar medidas de ajuste de capacidad a muy corto plazo.
6. Proporcionar realimentación a los niveles superiores de planificación de la producción (ver figura 3.1).

Programación de requerimientos de materiales y capacidad (MRP-CRP)

Una de las actividades fundamentales en la gestión de sistemas de producción se centra en la programación maestra (*master production schedule*, MPS), la cual tiene como fin mantener un alto nivel de fiabilidad en las entregas y un uso eficiente de los recursos disponibles. En lo fundamental, un MPS integrado permite establecer los plazos de entrega, las necesidades de capacidad (*capacity requirement planning*, CRP) y los requerimientos de materiales y componentes (*material requirement planning*, MRP), que aseguren el cumplimiento de las fechas prometidas a los clientes con el menor costo. MPS, CRP y MRP son la base fundamental de lo que se denomina la fase de programación operativa, que a su vez forma parte del enfoque jerárquico de planeación, programación y control de la producción (Domínguez Machuca et ál. (1995).

En el contexto del enfoque jerárquico, tradicionalmente la programación operativa en ambientes de fabricación para el ensamble y transformación se desarrolla bajo la denominada metodología MRP. A través de la historia, se han dado tres tipos de MRP: MRP I (originario), MRP II (bucle cerrado) y MRP III (integrado). El MRP I es una técnica de gestión de *stocks* de fabricación y de programación de la producción, capaz de generar el plan de materiales, a partir de un MPS validado y otras entradas (Martinich, 1997); el MRP II, de mayor evolución que el anterior, es un sistema inte-

grado que se adapta al enfoque jerárquico, partiendo de la planificación agregada y que abarca el desarrollo de un MPS factible con la capacidad (CRP) y la programación de materiales, integrando las técnicas de gestión de talleres (Domínguez Machuca et ál., 1995). El MRP III (modernamente denominado ERP), además de realizar lo mismo que el MRP II, integra sus operaciones con las actividades de finanzas, mercadeo y ventas, representando una metodología para los sistemas de planificación y control de los recursos de la empresa (Russell & Taylor, 1998).

No obstante los innumerables beneficios que los sistemas MRP han venido aportando desde su aparición, existe una serie de inconvenientes que dificultan su puesta en marcha, de los cuales los más importantes son: el alto costo de adquisición, implantación y mantenimiento y las dificultades técnicas de su puesta en marcha (Domínguez Machuca et ál., 1995b). En el caso de las pequeñas y medianas empresas (pymes), dadas sus falencias estructurales e infraestructurales, el bajo nivel de capacitación de su recurso humano y su baja capacidad financiera, estos inconvenientes se acentúan aún más (Barriga Manrique, 1998).

El ciclo de gestión de la producción que responde a una demanda dependiente parte de un plan maestro de producción (mediano plazo) que muestra en variedad, cantidades y plazos, los productos a fabricar. Este plan se debe traducir en necesidades de materiales (o ensambles) y recursos que se reflejan en órdenes de aprovisionamiento y fabricación perfectamente sincronizadas (corto plazo). Para el cálculo de las órdenes de aprovisionamiento de materiales se debe efectuar la explosión de los productos terminados del plan maestro en subconjuntos, ensambles, componentes, materia prima, etc.; además de considerar factores como el nivel de *stock*, el tiempo de suministro por parte de los proveedores y la estructura de partes de cada producto terminado.

Para el cálculo de las órdenes de fabricación se parte de las necesidades netas de subconjuntos, ensambles y componentes obtenidas en el cálculo anterior traduciéndolas en dónde y cuándo va a realizarse cada orden; aquí se consideran los factores siguientes: existencia de *stock*, tiempos de fabricación y recursos productivos disponibles.

Con base en las órdenes de aprovisionamiento de artículos de procedencia exterior (generalmente materias primas), se eligen proveedores y se les transmite el programa de aprovisionamiento con las cantidades y fechas de entrega. Con las órdenes de fabricación se toman decisiones de lanzamiento de estas, en términos de cronogramas y recursos más detallados de operación. Finalmente se hace un seguimiento al sistema físico con el fin de controlar la producción. La figura 3.3 ilustra el algoritmo MRP_CRP, que se tomará como guía para describir los pasos requeridos en la obtención del plan de materiales y la planificación de la capacidad.

El plan maestro de producción (MPS) indica las cantidades de productos terminados a producir en cada uno de los periodos de planificación. Estas cantidades se deciden basándose en informaciones comerciales (o pronósticos de demanda), órdenes de clientes y el plan agregado de producción (plan a largo plazo). La decisión emplea

como entradas importantes la plantilla de personal al igual que los equipos y centros de trabajo disponibles para la producción. Con base en la demanda conocida a través del MPS se toma la estructura de cada producto (la cual representa la descripción de qué partes entran en su composición) y el estado de los inventarios (de productos terminados, partes componentes y materias primas), se procede a calcular las necesidades netas de partes y subconjuntos en términos de órdenes planificadas y en firme.

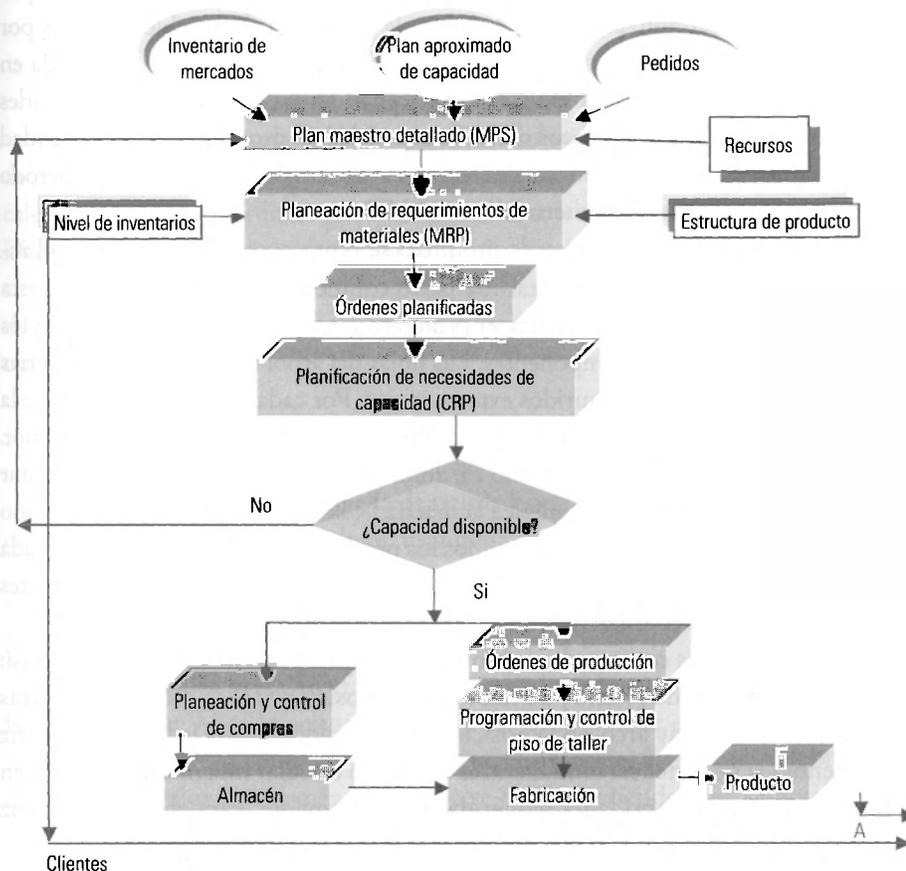


Figura 3.3 Esquema general de un sistema MRP.

Fuente: Basada en los aportes de Companys (1989) y Gaither y Frazier (2000).

Con las órdenes en firme se procede a calcular los requerimientos de capacidad (CRP), comparando posteriormente estos requerimientos con la capacidad disponible. De esta evaluación puede ser necesario modificar el MPS o hacer ajustes de capacidad. Finalmente se obtienen las órdenes de producción y aprovisionamiento que se lanzan respectivamente a fabricación y proveedores. Existen dos técnicas matemáticas importantes para hacer los cálculos: matricial y por niveles. En este apar-

tado se describe detalladamente la técnica matricial denominada método Gozinto y posteriormente comentaremos la técnica por niveles.

La técnica Gozinto emplea varias matrices de entrada/salida para denotar los datos a emplear en el cálculo. Las matrices de entrada son: D, N, S, P, B, M y O y las matrices de salida son X, Z y Y. La D contiene la demanda por parte/periodo. La N representa las estructuras de los árboles de partes de cada producto. La S contiene los inventarios iniciales. La P denota las cantidades pendientes por recibir. La B almacena los tiempos de fabricación por sección/parte. La M denota la capacidad disponible en horas por periodo/sección de producción y la O la capacidad de producción comprometida en horas por periodo/sección. Las salidas se almacenan en las matrices X (necesidades netas de partes), Z (requerimientos netos de capacidad de producción), R (capacidad neta de producción) y Y (sobrantes/faltantes de capacidad de producción). El método de cálculo emplea las matrices intermedias: T, V, V' y A.

Mediante el cálculo Gozinto, cada producto se representa en forma de árbol invertido, donde cada nodo representa una parte componente del producto. En esta representación, en el nivel 0 se coloca el producto terminado y en cada uno de los siguientes niveles las partes componentes. Las hojas del árbol representan las materias primas o los componentes adquiridos externamente. Por cada nodo se proporciona la cantidad requerida de la parte inferior para fabricar una unidad de la parte superior. Cada parte componente se denota como P_i , donde $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N_p$. Para representar la estructura de los productos se emplea la matriz N la cual es cuadrada y de tamaño igual al número total de partes N_p (incluidos los productos terminados). En esta, cada fila o columna representa una parte del producto (o el producto mismo) y las partes deben colocarse según el orden de los niveles en el árbol de fabricación.

Denotando las filas como i y las columnas como j , se procede para su llenado así: cuando existe un arco de i hasta j de valor a , en la posición (i, j) se coloca a , mientras que si de i hasta j no hay arco, en la posición (i, j) se coloca cero. Dado que la matriz N solo denota la pertenencia inmediata, es necesario calcular una nueva matriz T en la que se muestren las cantidades requeridas indirectamente. Para obtener la matriz T se aplican las expresiones 1 a 3:

$$T_{i,j} = 1 \text{ para } i=j \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^{N_p} N_{i,k} T_{k,j} = \text{para } i>j \quad (2)$$

$$T_{i,j} = 0 \text{ para } i<j \quad (3)$$

Antes de determinar las necesidades netas de partes, se revisa la posible existencia de un *stock* inicial y de las órdenes de producción y/o aprovisionamiento programadas con anterioridad. En el vector columna S (*stock* inicial) de tamaño $1 \times N_p$ se asignan

las existencias de cada parte a finales del periodo anterior. En la matriz P de tamaño $N_p \times T_p$ (donde T_p es el número de periodos de planificación) se asignan las órdenes de producción y de aprovisionamiento emitidas en firme. Seguidamente, usando las expresiones 4 y 5, se procede a calcular la matriz A (disponibilidades totales por parte en cada periodo de tiempo) así:

$$A_{i,j} = P_{i,j} \quad (4)$$

$$A_{i,l} = \sum_{i=1}^{N_p} (A_{i,l} + S_{i,l}) \quad (5) \text{ para } i=1,2,\dots,N_p \text{ } j=1,2,\dots,T_p$$

A partir de la demanda bruta (matriz D de tamaño $N_p \times T_p$), las disponibilidades de inventario por periodo (matriz A) y la estructura de producto (matriz T), se puede calcular la matriz X (órdenes planificadas netas) mediante multiplicación de matrices. Dado que D solo refleja la demanda bruta sin considerar la estructura de productos, se procede, usando la expresión (6), a calcular la matriz V la cual mostrará la explosión de necesidades brutas en todos los niveles, lo cual se logra al incluir a T como primer operando de:

$$V_{i,j} = \sum_{k=1}^{N_p} T_{i,k} * D_{k,j} \quad (6) \text{ para } i=1,2,\dots,N_p \text{ para } j=1,2,\dots,T_p.$$

En razón a que V solo refleja la demanda bruta sin considerar las disponibilidades de inventarios en cada periodo, usando la expresión 7, se calcula W como:

$$W_{i,j} = \sum_{k=1}^{N_p} T_{i,k} * D_{k,j} - \sum_{k=1}^{N_p} T_{i,k} * A_{k,j} \quad (7) \text{ para } i=1,2,\dots,N_p; j=1,2,\dots,T_p$$

Las necesidades netas exactas se calculan de la siguiente manera: se recorre cada fila de la matriz W, cada negativo se suma algebraicamente en la siguiente columna (se coloca cero en la columna que contiene el negativo) hasta que se obtenga una columna con valor positivo en la fila que se está recorriendo. Así, se obtiene la matriz X la cual constituye las órdenes planificadas de aprovisionamiento y fabricación (MRP), o lo que en la figura 3.1 se denomina plan de materiales.

Siguiendo el curso de la figura 3.3 se procede a incluir en el problema lo concerniente a la planificación de la capacidad de producción (CRP), así:

Sea N_s el número de centros de trabajo. Sea B la matriz que en sus filas muestra cada uno de los centros de trabajo y en sus columnas muestra cada una de las partes que conforman la familia de productos. El elemento B_{ij} representa entonces el tiempo en minutos de procesamiento (y preparación si aplica) de la parte j en la sección de producción i. Con base en las necesidades netas de materiales de la matriz X y la matriz B, se calcula la matriz Z, mediante la expresión (8), la cual refleja los requerimientos de capacidad por sección de producción y periodo: