

# MÓDULO 8

DIRECCIÓN DE OPERACIONES

*DOMINGO PÉREZ MIRA*  
ABRIL 2008






eoi

# SUMARIO

<b>LOGÍSTICA</b> .....	5
1. INTRODUCCIÓN A LA LOGÍSTICA.....	7
1.1. Antecedentes históricos: de la logística de distribución a la logística integral.....	7
1.2. Concepto de logística.....	9
1.3. El entorno cambia. La logística se adapta.....	14
1.4. La logística como fuente de ventaja competitiva.....	14
2. PLAN LOGÍSTICO.....	17
3. LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO.....	19
3.1. La gestión internacional de los aprovisionamientos: Cláusulas incoterms.....	20
3.2. Sistemas SCM (Supply Chain Management).....	26
4. LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN.....	27
5. LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN.....	29
5.1. La función de distribución física.....	29
5.2. El escalonamiento logístico.....	29
5.3. Gestión del transporte. La multimodalidad.....	33
5.4. Plataformas logísticas.....	34
5.5. La logística externa de la empresa.....	35
6. GESTIÓN DE ALMACENES.....	41
6.1. Concepto y funciones.....	41
6.2. Tipos de almacenes.....	43
6.3. La manutención en los almacenes.....	45
6.4. Diseño de almacenes.....	50
6.5. Operadores logísticos.....	66
7. GLOSARIO.....	67
8. BIBLIOGRAFÍA.....	69
 <b>GESTIÓN DE OPERACIONES</b> .....	 70
1. INTRODUCCIÓN.....	71
2. LA INFORMACIÓN QUE SE NECESITA PARA LA GESTIÓN DE UN SISTEMA PRODUCTIVO.....	79
2.1. ¿Qué se quiere fabricar? El plan maestro de producción.....	80
2.2. ¿Cómo se debe fabricar? La estructura del producto o lista de materiales.....	81
2.3. Lo que ya no hay que hacer: lo que tenemos en los almacenes.....	84
2.4. El lugar donde lo queremos hacer: las rutas de producción.....	85

3. EL MRP (MATERIAL REQUIRE-MENTS PLANNING) O CÁLCULO DE NECESIDADES.....	89
3.1. Definición .....	89
3.2. Funcionamiento del mrp.....	92
3.3. Aplicación práctica del mrp .....	94
4. LA PLANIFICACIÓN DE LA CAPA-CIDAD DE LOS RECURSOS (CRP) .....	101
4.1. Introducción y definición.....	101
4.2. Un ejemplo de cálculo de capacidades.....	102
4.3. Métodos para resolver el problema de la falta de capacidad .....	106
5. UN PASO MÁS ALLÁ DEL MRP II (MANUFACTURING RESOURCE PLANNING) .....	111
5.1. Definición del mrp ii .....	111
5.2. Los sistemas de gestión de la producción asistida por ordenador (gpao).....	113
6. EL SISTEMA JUST IN TIME (SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TOYOTA) ..	117
6.1. Antecedentes e importancia.....	117
6.2. La producción JIT y el sistema de información kanban .....	119
6.3. La regularidad y la flexibilidad en la producción.....	122
6.4. Calidad en el entorno just-in-time .....	125
7. GLOSARIO.....	129
8. BIBLIOGRAFÍA .....	133

#### INTERPRETACIÓN DE LOS SÍMBOLOS

	Orientación. Idea básica
	Tema clave
	Aclaración
	Idea para reflexión. Tema de debate
	Resumen



# LOGÍSTICA

eoi

# 1 INTRODUCCIÓN A LA LOGÍSTICA

## 1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS: DE LA LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN A LA LOGÍSTICA INTEGRAL

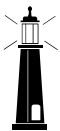
Muchos de los conceptos que hoy día utilizamos en esta área han sido importados del campo de la logística militar. Este tipo de logística tuvo un desarrollo especial durante la Segunda Guerra Mundial (coincidiendo con el de las técnicas de investigación operativa y, más tarde, con la comercialización de los primeros ordenadores), pero su potencial empresarial no fue identificado hasta más tarde. En aquel momento, (hablamos de la década de los años cincuenta), el término logística se debía entender como sinónimo de gestión de la distribución física, es decir, una disciplina encargada básicamente de optimizar el movimiento físico de los materiales.

El detonante principal de la ampliación del campo de actuación de la logística en general, y del interés por los costes logísticos en particular, fue la crisis del petróleo de los años setenta. El incremento del precio del crudo afectó notablemente a los costes de transporte, y la fuerte inflación de la época hizo aumentar el coste del capital y, por lo tanto, el coste de mantenimiento de los inventarios. Todo esto supuso un fuerte estímulo para tratar de reducir estos costes.

Las empresas, en unos momentos en los que luchan para orientarse hacia el cliente y conseguir su lealtad, han descubierto que la logística puede llegar a ser una poderosa arma competitiva:

- Por un lado, una buena gestión de la cadena logística permite reducir costes y situar a la empresa en condiciones de emprender una estrategia de liderazgo en este sentido.
- Por otro lado, es un campo con un gran potencial para mejorar el nivel de servicio al cliente, aspecto esencial en el momento de diferenciarse del resto de los competidores.

Para que todo esto sea posible, es fundamental una gestión integrada de todas las tareas de la cadena: desde el aprovisionamiento hasta el consumo. En este sentido, la fiabilidad se ha convertido en un requisito indispensable. De hecho, muchas empresas han sustituido las políticas de multiprovedores con relaciones breves por relaciones mucho más estrechas y a más largo plazo con un número inferior de agentes.



Unos consumidores cada vez más exigentes y unos mercados cada vez más globales son unos retos a los que las empresas se enfrentan con la ayuda de las nuevas tecnologías, que permiten obtener información en tiempo real, con frecuencia imprescindible para la gestión integrada de la que hablamos.

Esta complejidad ha impulsado la aparición de especialistas en estas cuestiones, a cuyas manos las empresas dejan una parte de las actividades logísticas para concentrarse exclusivamente en aquellas tareas en las que tienen algún tipo de ventaja.

Actualmente, se ha sustituido esta concepción parcial de la logística por una visión global que comprende desde la fase de diseño hasta el servicio posventa: la **logística integral**. Para conseguir esto no sólo es preciso entender la logística como una distribución física, sino también como un concepto más global, que integre el aprovisionamiento (y las relaciones con los proveedores), la producción y la distribución física (entrega al cliente, servicio posventa y reciclaje).

La definición formal del concepto de logística integral que estableció el Council of Logistic Management en 1986 fue la siguiente: "**Logística integral es el proceso de planificación, implantación y control eficiente del flujo efectivo de costes y del almacenamiento de materiales, de inventarios en curso y de productos acabados, así como de la información que está relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de atender a las necesidades de los clientes**".

J.J. Anaya Tejero (1998) define la logística integral como: "**El control del flujo de materiales desde la fuente de aprovisionamiento hasta situar el producto en el punto de venta de acuerdo con los requerimientos del cliente**". Y establece dos condicionamientos básicos de ésta: la máxima rapidez en el flujo de los productos y los mínimos costes operacionales.

La logística integral no sólo constituye el **flujo de materiales**, sino también el **flujo de información**; por tanto, consideramos que consta de las siguientes actividades: planificación, organización, gestión y control de los flujos de materiales y de información desde las fuentes de suministro hasta situar el producto en el punto de venta, de acuerdo con los requerimientos de los clientes y con los mínimos costes posibles.



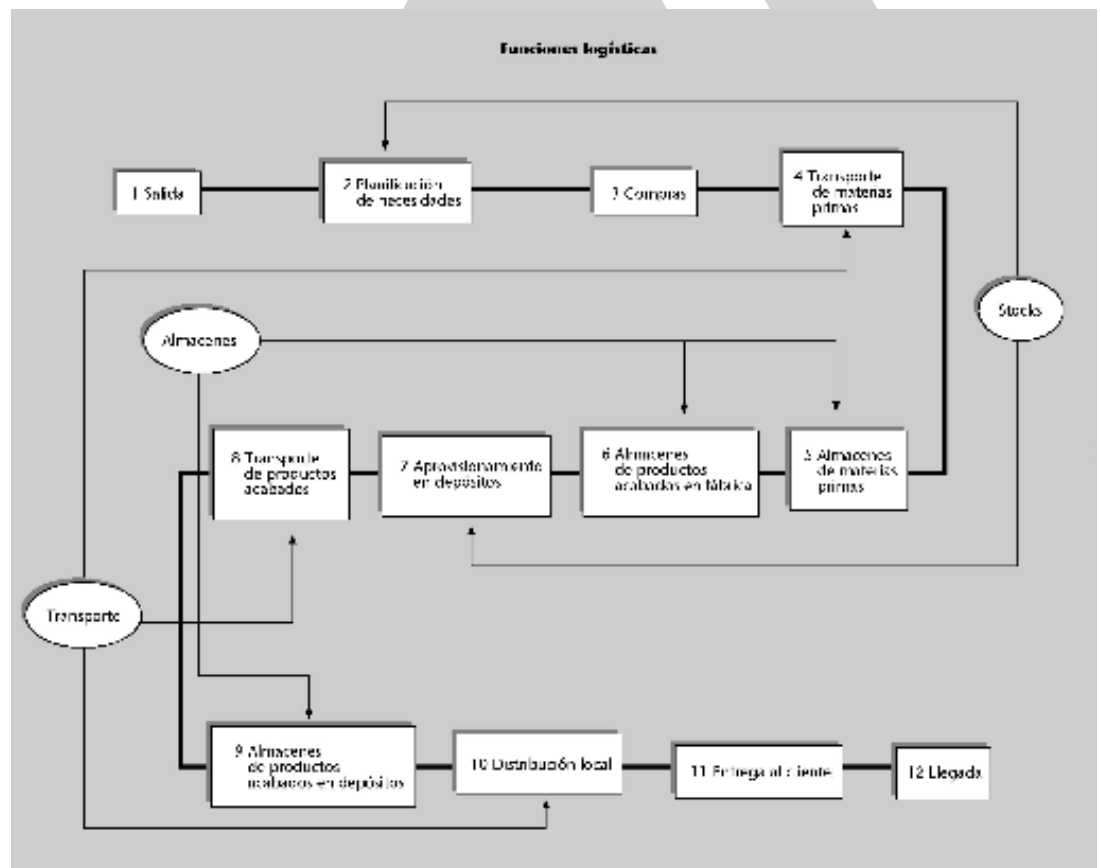
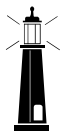


## 1.2. CONCEPTO DE LOGÍSTICA



La logística empresarial comprende la planificación, la organización y el control de todas las actividades relacionadas con la obtención, el traslado y el almacenamiento de materiales y productos, desde la adquisición hasta el consumo, mediante la organización y como un sistema integrado (Cuatrecasas, Tremosa; 1996, pág. 18). De hecho, se podría considerar incluso que va más allá del consumo y que engloba los aspectos de destrucción y reciclaje de los productos.

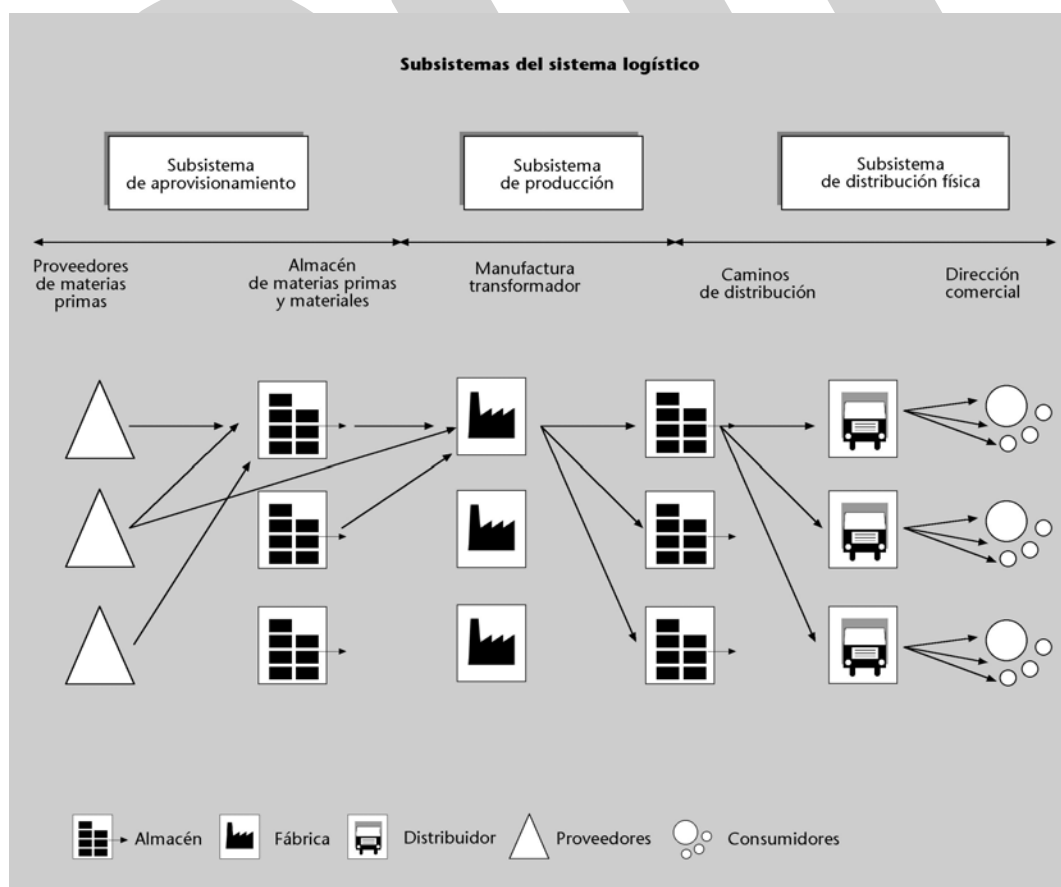
El objetivo que se persigue con todo este proceso es poner a disposición de los consumidores o clientes los bienes y servicios que desean, en el lugar adecuado y en el momento oportuno, todo ello con el mínimo coste posible. Es decir, la logística debe crear una utilidad de forma, tiempo y lugar para el comprador.



Fuente: J. Farrán, 1996 (pág. 128).

Una de las partes fundamentales de esta definición es la que se refiere al concepto de integración. Es fundamental que haya una gestión integrada de toda la cadena, desde la fuente hasta el destino final y no, como con frecuencia se ha hecho en el pasado, una gestión que lleva a cabo las actividades implicadas en este flujo de forma independiente e inconexa. Los últimos años se está imponiendo en las empresas el concepto de logística integral, que coordina y engloba el proceso proveedores-fabricantes-consumidores. En realidad, esta secuencia nos hace identificar tres subsistemas en el sistema logístico de la empresa:

1. La **logística de aprovisionamiento**, encargada de poner a disposición del proceso productivo las materias primas y los productos semielaborados necesarios para llevarlo a cabo.
2. La **logística de producción**, encargada de organizar de forma apropiada el proceso de transformación, así como de almacenar los productos acabados y ponerlos a disposición del subsistema de distribución física.
3. La **logística de distribución**, encargada de hacer llegar los productos a los clientes o consumidores.



Fuente: L. Cuatrecasas, L. Tremosa; 1996 (pág. 26).

En realidad, las actividades logísticas fundamentales de aprovisionamiento y distribución son muy similares, como se puede apreciar en la tabla siguiente:



Actividades logísticas	Aprovisionamiento	Distribución
Proceso de pedidos	Sí	Sí
Gestión de inventarios	Sí	Sí
Transporte	Sí	Sí
Servicio al cliente	No	Sí
Compras	Sí	No
Almacenamiento	Sí	Sí
Planificación de productos	Sí	Sí
Tratamiento de mercancías	Sí	Sí
Gestión de la información	Sí	Sí

Fuente: L. Cuatrecasas, L. Tremosa; 1996 (pág. 19).

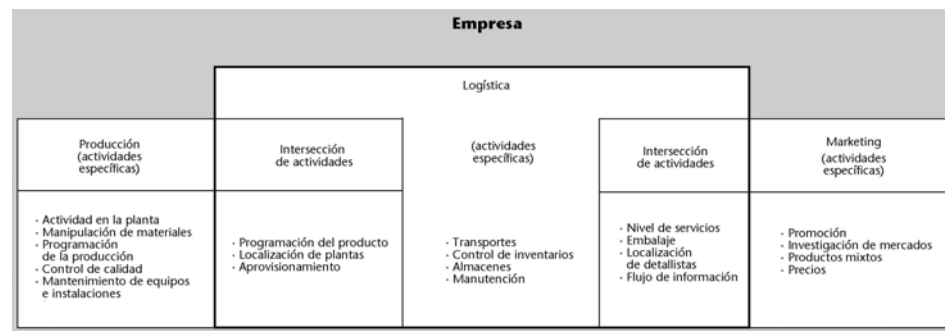
Esta integración de la que hablamos con frecuencia obliga a buscar el **equilibrio entre intereses contrapuestos**; por ejemplo:



- El proceso productivo deberá efectuar series más cortas (lo cual le impide obtener economías de escala) si con ello consigue costes de almacenamiento inferiores.
- El departamento de compras deberá hacer pedidos menores (renunciando por ello a posibles descuentos y otras ventajas) para evitar llenar excesivamente los almacenes.

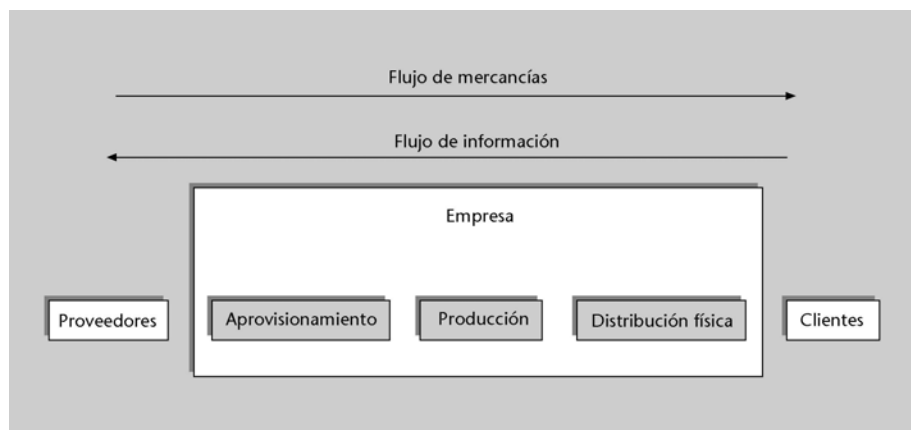
Es decir, son necesarios sacrificios individuales en beneficio del resultado global de la empresa. Y esto, como siempre, no ha sido fácil de entender.

En la siguiente figura se pueden encontrar algunas de las interrelaciones que se producen entre la logística y otras áreas de la empresa, en este caso concreto, entre la producción y el marketing:



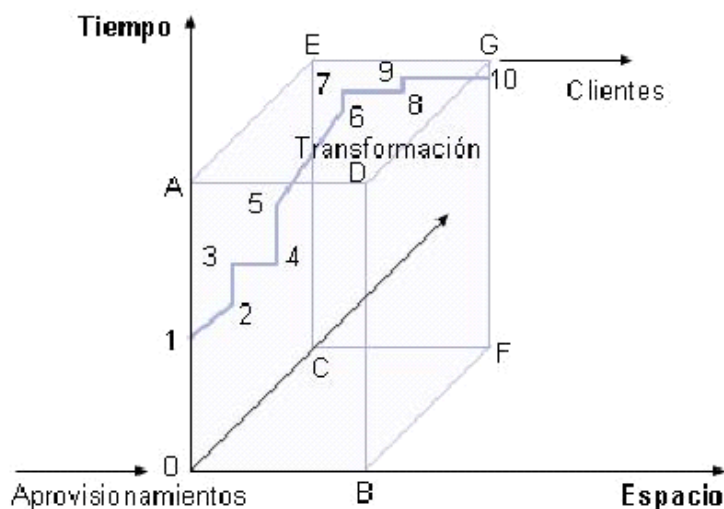
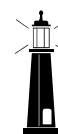
Fuente: E. Arbonés, 1990 (pág. 20).

Es importante resaltar además, que en el sistema logístico no sólo se mueven flujos de materiales y productos (por lo general en sentido descendente, es decir, de proveedor a cliente), sino también importantes flujos de información (fundamentalmente desde los consumidores hasta el origen de la cadena):



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

Una imagen que ayuda a comprender el significado del concepto de sistema logístico, a la vez que ofrece una visión muy acertada del mismo, en lo referente al flujo físico de productos, es la que proporciona el cubo de la siguiente figura. Dicho flujo viene representado por la línea quebrada que se inicia en el punto 0, con los aprovisionamientos, y se termina en el punto G con las entregas a los clientes. Debe advertirse que una línea del estilo de la dibujada representa únicamente a un producto, más exactamente a una materia prima y sus diferentes vicisitudes hasta convertirse en producto terminado.



El flujo de materiales en una empresa industrial

Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

Puede admitirse, sin pérdida de generalidad, que la línea quebrada que se está considerando la forman tramos paralelos a los tres ejes de coordenadas y, por lo tanto, el significado de los diferentes tramos de la línea 0G, es el siguiente:

- **Eje 0A**, que se denomina eje de tiempos, indica los momentos en que el producto está en stock, sin cambiar de lugar físico y sin ser objeto de transformación alguna. En la figura 2, el tramo 01 puede interpretarse como stock en fase de materia prima; el 23 sería el almacenaje de un subconjunto o producto en curso en una determinada planta, el 45 representada el almacenaje de dicho subconjunto en otra planta diferente y los tramos 67, 89 y 10G serían stocks de producto terminado en el centro de distribución, en un almacén regional y en uno local, respectivamente.
- **Eje 0B**, es el eje de espacio físico e indica los cambios de ubicación física de material sin que sobre él se efectúe transformación alguna y suponiendo que el transporte de un punto a otro se realiza de forma instantánea. Si esta simplificación fuera demasiado grosera bastaría hacer una composición con el tramo de tiempo correspondiente al desplazamiento. En la figura del cubo anterior, el tramo 34 indica un transporte entre dos factorías, el 78 representa el transporte entre el centro de distribución y el almacén regional, y, por último, el 910, el correspondiente entre el almacén regional y el local.
- **Eje 0C**, indica las transformaciones de que es objeto el producto en cuestión, sin cambios apreciables en el espacio físico y en el tiempo (es la misma simplificación de instantaneidad que se comentaba anteriormente y que puede corregirse de igual modo). En la referida figura, el tramo 12 puede interpretarse como la transformación del material para pasar a formar parte de un subconjunto, y el 56 como la elaboración del producto terminado.

En definitiva, a los tres subsistemas del sistema logístico (aprovisionamiento, producción y distribución) se le puede añadir la siguiente función:

- **Planificación integrada** del proceso logístico, que era, según el enfoque tradicional, un departamento del área de producción -denominado frecuentemente planificación y control de la producción- y que, desde una perspectiva logística, amplía su cometido para planificar, de forma integrada y coherente, los aprovisionamientos y la distribución física, además de seguir efectuando la planificación y el control de la producción.

### 1.3. EL ENTORNO CAMBIA. LA LOGÍSTICA SE ADAPTA

La importancia otorgada hoy día a la logística integral está avalada por una serie de cambios en el mercado que desafían la capacidad de reacción y adaptación de las empresas:

1. La **globalización de la economía**. Las empresas compran materias primas en un lugar 1, las envían a un lugar 2 para su transformación según el diseño establecido en otro lugar 3, se almacenan en un lugar 4 y, finalmente, se hacen llegar a los consumidores de un lugar 5. Esta situación puede parecer exagerada, pero no imposible. No necesitamos justificar demasiado la importancia de la logística en un caso como éste.
2. Muchas empresas optan por concentrarse exclusivamente en aquellas actividades en las que se consideran que tienen algún tipo de ventaja competitiva y subcontratan el resto (es decir, las encargan a otra empresa), por lo que trabajan con muchos proveedores e intermediarios. Este fenómeno, conocido también como **outsourcing**, plantea un nuevo reto a la logística por el hecho de tener que integrar todos estos agentes.
3. Las **gamas de productos** son cada vez más amplias. Evidentemente, esta diversificación, tanto de las mismas características de los productos como de las formas de presentación (tipos de envases, tamaños, etc..), hace más compleja toda la tarea logística.
4. En los últimos años se ha impuesto una importancia creciente del **servicio al cliente**. Está claro que los consumidores nos hemos vuelto cada vez más exigentes, no sólo en cuanto a la calidad de los productos, sino también en lo que respecta al servicio que los acompaña. De hecho, no sólo nos hemos vuelto más exigentes, sino también más impacientes.



### 1.4. LA LOGÍSTICA COMO FUENTE DE VENTAJA COMPETITIVA

Una ventaja competitiva es cualquier característica de la empresa que la diferencia del resto de organizaciones y la coloca en una posición relativa superior en el momento de competir.

Aunque la ventaja puede residir en numerosas características, cualquiera de ellas acaba conduciendo a una de las dos ventajas competitivas básicas identificadas por **Michael Porter: el liderazgo en costes y la diferenciación del producto**. La logística tiene un papel fundamental en estos aspectos:



1. Por un lado, se podrá conseguir un coste bajo con un volumen de producción que permita aprovechar las economías de escala, con la existencia de pequeños inventarios, intentando optimizar los transportes, buscando una gran interrelación con proveedores y clientes, etc.
2. Por otro lado, el nivel de servicio se ha convertido en un medio de diferenciación importante, de especial relevancia en un momento en el que los clientes no tienen demasiados problemas para aceptar sustitutos para los productos; esto sucede así porque, de hecho, muchas de las diferencias que había entre estos productos se han eliminado.

En muchos casos, si no se quiere perder el favor del consumidor, parece prácticamente imprescindible unir los dos planteamientos y encontrar un equilibrio entre ellos.

Los factores que afectan al nivel de costes logísticos, se analizarán posteriormente, al estudiar las funciones de aprovisionamiento, almacenamiento y transporte. A continuación se tratará la diferenciación y, concretamente, el servicio al cliente.

El servicio al cliente engloba un amplio abanico de variables:



- Cumplimiento de los plazos de entrega.
- Calidad de las entregas.
- Apoyo posventa.
- Procedimientos para atender reclamaciones, etc.

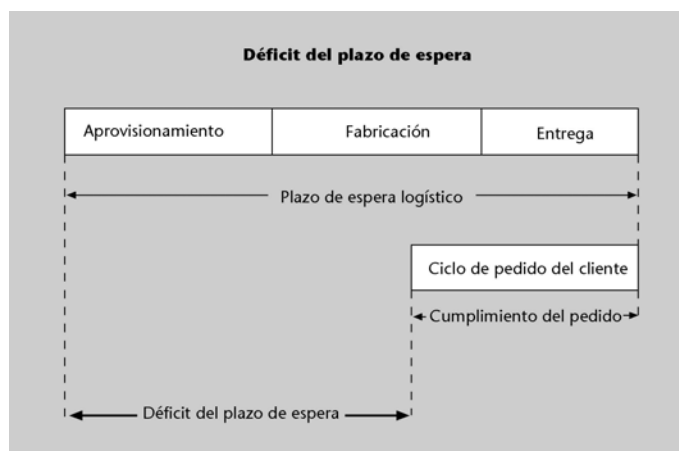
Por lo que respecta al primer aspecto de los expuestos, el hecho de dar una respuesta rápida al cliente se ha convertido en una forma importante de añadir valor al producto, ya que los plazos de entrega largos afectan negativamente a la percepción de los clientes, cada vez más sensibles en este sentido.



El tiempo transcurrido desde que se recibe el pedido del cliente hasta que se le entrega el producto se denomina **ciclo del pedido (o lead-time)**.

En ocasiones, las empresas se encuentran con el problema de que el tiempo que necesitan para llevar a cabo el aprovisionamiento, la producción y la distribución correspondientes es superior al tiempo que los clientes están dispuestos a esperar; por este motivo, pueden tomar la decisión de cambiar el producto por un sustituto, en función, por supuesto, de la oferta alternativa y del tipo de artículo del que se trate.





Fuente: M. Christopher, 1994 (pág. 178).

Tradicionalmente se ha cubierto esta diferencia (el déficit del plazo de espera de la figura anterior) mediante las existencias, lo cual obligaba a la empresa a soportar costes de almacenamiento considerables. Una forma de reducir este déficit sin tener que recurrir a esta solución es conseguir conocer los deseos de los clientes tan pronto como sea posible.

Esta necesidad ha dado lugar a lo que se denomina logística de respuesta rápida o, simplemente, **QR (Quick Response)**; este sistema consiste en utilizar las tecnologías de la información de forma que se obtenga la máxima información sobre la demanda (si es posible, en tiempo real), para conseguir una organización que reaccione rápidamente, de modo que evite al máximo la existencia de inventarios.

Se suele afirmar que la QR es un caso de sustitución de existencias por información. De hecho, hoy día la información ya no es sólo sinónimo de poder, sino que se ha convertido con frecuencia en una auténtica necesidad.

Este concepto ha sido posible gracias al fuerte desarrollo experimentado en los últimos años por las tecnologías de la información. El sistema EDI, los códigos de barras, los puntos de venta con escáner láser, etc. hacen posible la integración entre empresa, proveedores y clientes, integración de la que siempre hablamos.

El **EDI (Electronic Data Interchange, 'intercambio electrónico de datos')** es un sistema de transmisión de documentos entre empresas mediante el ordenador que pretende solucionar algunos de los problemas derivados del trabajo administrativo con papel. Ha significado un importante salto hacia la integración de los diferentes agentes de la cadena logística, y ha transformado por completo la estrategia de compra y distribución de muchas empresas.



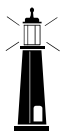


# 2 PLAN LOGÍSTICO



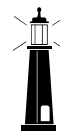
El plan logístico sirve para hacer una planificación estratégica de la forma en que circulará el producto por los canales de suministro y distribución. Se ocupa, por lo tanto, de diseñar y gestionar aspectos como los siguientes (Cuatrecasas, Tremosa; 1996, pág. 27):

- **Los elementos básicos de la cadena logística:** Política general de la cadena logística, planificación integral, sistemas de identificación y de comunicación y gestión de los costes logísticos totales.
- **La política de suministro y el servicio al cliente:** Previsión de ventas, gestión de pedidos, sistemas de identificación y de comunicación, gestión de los costes logísticos totales, reparto a los clientes, necesidades de cada canal de distribución, gestión de facturación y nivel de servicio al cliente.
- **El proceso de fabricación:** número, ubicación y enfoque de las plantas de fabricación, necesidades de capacidad de maquinaria y mano de obra, diseño de envases, embalajes y paletización.
- **La gestión de los transportes:** transporte intercentros y transporte desde las plantas de fabricación.
- **El almacenamiento y el control de inventarios:** almacenamiento de materias primas, almacenamiento de materiales y productos en las plantas de fabricación, configuración de la red de almacenes centrales y regionales, plataformas logísticas, almacenes de tráfico o cross-docking, control y gestión de inventarios.
- **Las políticas de compras y aprovisionamientos:** necesidades de compras y aprovisionamiento, proceso de aprovisionamiento, gestión de compras, relación con proveedores, control de calidad de suministro a lo largo de la cadena logística (también es preciso considerar la futura evolución y cómo adaptarse a ésta).



Básicamente, lo que se intenta cuando se elabora un plan logístico es optimizar toda la cadena logística, de forma que se reduzcan las manipulaciones sobre los productos y los materiales, así como las distancias que deben recorrer. También se busca disminuir los inventarios al mínimo y, en definitiva, que todo el proceso sea lo más rápido y económico posible. Por este motivo, el plan logístico comprende básicamente:

1. Clasificación de artículos estableciendo la característica logística.
2. Establecimiento del nivel y el tipo de actividad logística que se precisa desarrollar, en general y pa-ra cada artículo.
3. Escalonamiento o etapas de transporte y almacenamiento que deben recorrer los artículos. Proceso logístico. Implantación de almacenes.
4. Distribución de los centros logísticos.



Es conveniente que el plan establezca, en primer lugar, una clasificación de los artículos, puesto que no todos necesitan las mismas actividades logísticas. Así, esta clasificación se debe llevar a cabo teniendo en cuenta las condiciones de transporte (embalaje, peso, volumen, dimensiones, etc...), almacenamiento (si se trata de materiales inflamables, volátiles, etc.), tráfico y manipulación de cada artículo. Además de clasificar los materiales, es preciso definir las actividades logísticas necesarias para cada grupo de artículos.

Los objetivos que el plan logístico precisa alcanzar son los siguientes:



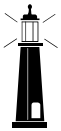
1. Es preciso que el plan prevea también cuáles serán las **etapas de almacenamiento y transporte** (es decir, el **escalonamiento**), para proceder, en última instancia, a diseñar la ubicación y la distribución en planta más adecuadas de los centros logísticos.
2. **Reducir los transportes**, tanto en distancias como en etapas. Una manera de llevar a cabo esta reducción consiste en agrupar cargas con el fin de conseguir dimensiones críticas. Reducir las manipulaciones y trasladar los materiales de un lugar a otro el menor número de veces posible.
3. **Reducir los stocks**, teniendo en cuenta que minimizarlos no significa conseguir cero stocks. Es decir, cada empresa debe intentar alcanzar el nivel de stocks mínimo que le permita ofrecer, con el coste más pequeño posible, el servicio al cliente que se ha marcado como objetivo. Lo que condiciona cuál es el nivel de stocks adecuado son las circunstancias particulares de la empresa, de su sector y los objetivos de servicio al cliente y costes que se haya propuesto.
4. Conseguir que los **suministros** se adquieran de la manera más adecuada para poder adaptarlos y preparar con posterioridad.
5. Reducir el **número de controles**, recuentos, etc.

En resumen, es imprescindible que el plan logístico simplifique y reduzca al máximo el proceso logístico, de manera que sea más rápido, fácil y económico.

# 3 LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO

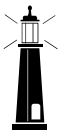
La función de aprovisionamiento consiste en:

- Establecer las necesidades de factores productivos (y, por lo tanto, la determinación de las cantidades que hay que comprar).
- Analizar las diferentes alternativas de adquisición que se presentan (selección de proveedores y detección de fuentes de suministro alternativas).
- Elegir la alternativa más apropiada, negociando plazos de entrega, condiciones de pago, garantías, precios finales, etc., y comparar los factores (teniendo en cuenta siempre que se cumplan los requisitos de calidad y cantidad preestablecidos).
- Almacenar los factores de forma adecuada.
- Finalmente, suministrarlos en el momento y en el lugar adecuados.



Entre las diferentes formas de llevar a cabo una **política de compras**, podemos destacar principalmente las tres siguientes (Benaroya, 1993, pág. 31):

- La **imposición**, que representa una negociación intransigente en materia de precios. En realidad, ésta es una política sostenible sólo a corto plazo.
- La **cooperación**, que significa colaborar con los proveedores en ámbitos específicos y durante unos periodos de tiempo limitados, con la posibilidad de emprender proyectos puntuales en común. En este caso, la negociación de precios se hace ya de una forma objetiva. Se trata de una política a medio plazo.
- El **partenariado** es ya el tercer nivel, en el sentido de que significa construir el futuro junto al proveedor, compartiendo progresos y con transparencia de costes. Se trata ya de una política a largo plazo.



Las nuevas actuaciones se encaminan hacia esta tercera vía; es decir, hacia una colaboración más estrecha con los proveedores (que con frecuencia obliga a la creación de parques de proveedores cerca de las grandes plantas industriales). De hecho, si analizamos la tendencia de muchas empresas a concentrarse en las actividades clave en las que presentan algún tipo de ventaja, pasando a subcontratar el resto, comprenderemos la importancia de esta

política y de las estrechas relaciones de colaboración entre el cliente y los proveedores. Para llegar a esto es necesario que el cliente planifique adecuadamente sus actividades y comparta esta información con su proveedor o sus proveedores, tarea que las nuevas tecnologías han facilitado de forma notable. Por ejemplo, a partir del EDI se les envía a los proveedores las necesidades de producción.

### 3.1. LA GESTIÓN INTERNACIONAL DE LOS APROVISIONAMIENTOS: CLÁUSULAS INCOTERMS

Las cláusulas INCOTERMS (*International Commercial Terms*) son las “Reglas Internacionales para la interpretación de los términos comerciales”, creadas por la Cámara de Comercio Internacional (C.C.I.), a partir de 1936 (Con revisiones en 1953, 1980, 1990 y 2000), cuyo objetivo fundamental consiste en establecer criterios definidos sobre la distribución de los gastos y la transmisión de los riesgos entre las dos partes, compradora y vendedora en un contrato de compraventa internacional.



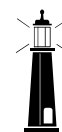
Son de aceptación voluntaria por las partes, o sea, no son bajo ningún concepto un esquema jurídico obligatorio, y su principal virtud consiste en haber simplificado mediante denominaciones normalizadas un cúmulo de condiciones a cumplir por las partes, que gracias a esta armonización saben perfectamente a qué atenerse.

Además de las estipulaciones propias de cada INCOTERM, éstos pueden admitir otras adicionales, si bien su inclusión debe ser muy prudente, ya que pueden desvirtuar la armonía natural con que están redactados, que deriva de haber sabido recoger infinidad de experiencias comerciales prácticas.

A continuación pasamos a listar las diferentes cláusulas INCOTERMS indicando de forma resumida sus rasgos distintivos fundamentales:

#### ▪ **EXW / " Ex-works " / " Franco fábrica ":**

- La entrega de la mercancía se realizará en el lugar de la fábrica o almacén del vendedor que permita efectuar su carga (responsabilidad del comprador) a los vehículos contratados por el comprador. No es necesario que sea " en la puerta".
- La mercancía habrá debido ser individualizada por el vendedor.
- Si la mercancía se daña (una vez individualizada) dentro de la fábrica antes de que empiece a transcurrir el plazo acordado de entrega, la



responsabilidad incumbe al vendedor. Si ello sucede dentro de dicho plazo, el problema es del comprador.

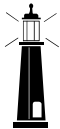
- Si transcurre el plazo sin que el comprador la retire: Responsabilidad, daños y perjuicios por su cuenta.
- Despacho aduanero de exportación: Cuenta comprador.
- El cumplimiento de la obligación EXW se demuestra con un certificado de recepción.

#### NOTAS:

- Cuando se trata con este INCOTERM, es conveniente tener en cuenta que el vendedor puede tener varias fábricas o almacenes por lo que hay que identificar con precisión cuál se va a utilizar.
- El vendedor sólo está obligado a “conseguir los documentos expedidos en el país de entrega y/o de origen” (Que pueden ser distintos).

#### ▪ **FAS / “ Free alongside ship “ / “ Franco al costado del buque “:**

- La mercancía ha de ser colocada por el vendedor a su coste y riesgo en el muelle donde va a atracar el buque (lo que dependerá del tipo de mercancía o de la línea marítima de forma que quede al alcance de los medios de manipulación del buque o del puerto idóneos para cargarla a bordo.
- No debe olvidarse que los medios de carga pueden ser muy variados. Grúas, aspiradores neumáticos, carretillas, bombas hidráulicas, etc... son medios de manipulación adecuados a la naturaleza de diversas mercancías.
- Una mercancía líquida situada en un tanque a 1 Km del buque, dotado de bombas capaces de impulsarla hasta él, está situada al costado del buque.
- Si la carga no puede realizarse en el muelle, ya que los buques contratados por el comprador tienen demasiado calado para atracar, y son precisas barcazas, dependerá de que sean habituales en ese tipo de tráfico (según la costumbre del puerto de carga) o no, el que las barcazas las pague el vendedor o el comprador (caso de que haya contratado un barco mayor de lo necesario).
- La exportación la realizará el vendedor
- Al igual que en el INCOTERM “ex-works “, los gastos y riesgos de la mercancía, a partir de su colocación en el punto geográfico (“al costado del buque”) y dentro del momento cronológico (“el plazo acordado”) son responsabilidad del comprador. En este caso es importante matizar la necesidad de que para que el punto de depósito de la mer-



cancia en el muelle se convierta en el “punto geográfico”, es preciso que haya llegado el buque.

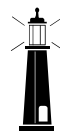
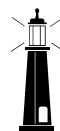
- El vendedor demuestra el cumplimiento de la obligación FAS con un recibo de muelle (“doce receipt”), extendido por el operador o la Autoridad Portuaria.

▪ **FOB / "Free on board" / "Franco a bordo":**

- La transferencia de gastos y responsabilidades del vendedor al comprador se realizará en el momento en que la mercancía cruce la vertical de la borda o amura del buque (si se carga con grúas).
- Si se carga con otros medios, podrá ser la brida de conexión en el plano de válvulas de carga (petróleo), el perímetro de acceso al buque (carga rodante) u otros.
- La exportación es obligación del vendedor.
- El cumplimiento de la obligación de entrega por parte del vendedor se demuestra con el documento llamado “Recibo del primer oficial” (“matees receipt”), ya que en el C/E se lo da la naviera al comprador o a su representante, que es quien paga el flete, por lo que salvo cesión voluntaria, no hay ninguna garantía de que se lo entregue al vendedor.
- Hay una variante del FOB, que es el “FOB estibado” (“FOB stowed”), en el que la transferencia de riesgos y gastos se realizaba en las versiones anteriores de los INCOTERMS dentro del buque, una vez estibada la mercancía en bodega / cubierta. En la versión del 2.000 el reparto de riesgos y gastos se deja al acuerdo de las partes. En este caso es esencial que el vendedor advierta al comprador de los requerimientos de estiba de la mercancía, para que este último contrate un barco adecuado.

▪ **" CFR " / " Cost and freight " / " Coste y flete ":**

- Los gastos del vendedor incluyen en este caso los de “envío a” y “carga en” el puerto de origen, así como el pago del flete hasta el de destino (Con inclusión o no de los gastos de descarga según el tipo de flete contratado, "liner terms", FILO, LIFO, FIO etc.).
- Las responsabilidades del vendedor terminan, sin embargo, en el momento en que la mercancía cruza la vertical de la borda del buque en el puerto de origen. Si la mercancía se daña a partir de ese momento el problema es del comprador y de su asegurador (si lo tiene).
- La exportación es obligación del vendedor.





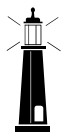
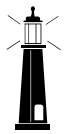
- El cumplimiento de la obligación se demuestra por el vendedor presentando al comprador (o a su banco), un C/E con la mención “Flete pagado” (“Freight prepaid”).
- Este INCOTERM es de aplicación estricta a ventas marítimas.

▪ **CIF / “Cost, insurance and freight” / “Coste, seguro y flete”.**

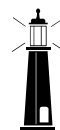
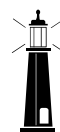
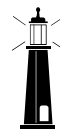
- Mismos comentarios que al caso anterior, agregando que si la mercancía se daña después de cruzar la borda en el puerto de origen, el vendedor en este caso tiene que contratar una póliza de seguro que cubra el transporte, que deberá endosar al comprador extranjero, el cual reclamará directamente a la compañía aseguradora.
- El cumplimiento de la obligación se demostrará con el C/E y la póliza de seguro.
- Hay una variante del CIF, llamada CIF “landed” en la cual el vendedor deberá contratar flete y descarga en destino.
- Se exige una cobertura mínima de seguro, que es la definida por la cláusula del Instituto de Aseguradores de Londres llamada ICC “C” (Institute Cargo Clauses “C”) o similar para mercancías. Si el comprador desea mas cobertura deberá pagar la diferencia.
- El valor asegurado deberá ser el precio CIF más un 10 %.
- Este INCOTERM es de aplicación asimismo solamente a ventas marítimas.

▪ **DES/“Delivered ex-ship”/“Entregada sobre buque (Puerto de destino)”**

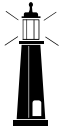
- El vendedor correrá con todos los gastos y riesgos de la mercancía, hasta que la misma quede situada en el puerto de destino, al alcance de los medios de manipulación del buque o del puerto adecuados para descargarla.
- Si son necesarias barcazas para ello, por exceso de calado del buque, son válidos los comentarios hechos en el INCOTERM FAS para el mismo caso
- La exportación en origen es obligación del vendedor. La importación en destino del comprador.
- El documento que demuestra el cumplimiento de la obligación por el vendedor puede ser un C/E, negociable o no, o también una “Orden de entrega” (“delivery order”).



- **DEQ/“Delivered ex-quay”/“Entregada sobre muelle (Puerto de destino)”:**
  - El vendedor correrá con todos los gastos y riesgos de la mercancía, hasta que la misma quede situada en el muelle del puerto de destino, sin realizar el despacho aduanero de importación. El muelle deberá ser adecuado a la naturaleza de la mercancía según los principios de la buena práctica marítima.
  - El documento que demuestra el cumplimiento de la obligación puede ser cualquiera de los anteriores con anotación de descarga.
  
- **DAF” / “Delivered at frontier” / “Entregada en frontera”:**
  - El vendedor correrá con todos los gastos y riesgos hasta el punto de frontera acordado, pero no con los gastos de descarga en dicha frontera – en el caso de que sean necesarios – que correrán por cuenta del comprador.
  - Si no se define con precisión la frontera, cuando no la hay común entre el país de exportación y el de importación, el vendedor sólo está obligado a transportar la mercancía hasta el punto que le convenga de la frontera de su país, con tal de que esté habilitado para el despacho de exportación de la mercancía de que se trate.
  - El vendedor es responsable de la exportación.
  - Si el vendedor precisa conocer el destino final de la mercancía (por razones aduaneras por ejemplo), el comprador deberá indicárselo.
  - Un documento de recepción por el comprador, su agente o autoridad en frontera es suficiente para comprobar el cumplimiento de la obligación.
  
- **DDP / “Delivered duties paid” / “Entregada derechos pagados”:**
  - El vendedor correrá con todos los gastos y riesgos hasta el lugar de destino convenido, incluyendo exportación, transporte e importación.
  - Si el punto de entrega en destino no está indicado por el contrato o prescrito por la reglamentación de aduanas o de transporte, el vendedor podrá elegir el que más le convenga.
  - La función de los documentos que demuestran la entrega es totalmente secundaria, ya que el comprador puede comprobar por sí mismo el cumplimiento. Sirve un documento de transporte o un mensaje EDI equivalente.
  - El vendedor no está obligado a descargar la mercancía en el lugar de destino, aunque puede hacerlo por acuerdo de las partes.

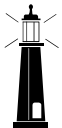






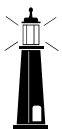
▪ **DDU / “Delivered duties unpaid” / “Entregada derechos pendientes de pago”:**

- Igual que el INCOTERM anterior, excepto la importación que correrá por cuenta del comprador.
- El comprador ha de soportar los gastos y riesgos adicionales si no es capaz de despachar la mercancía de importación en el plazo acordado.



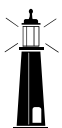
▪ **FCA / “Free carrier” / “Franco transportista”:**

- El vendedor correrá con todos los gastos y riesgos hasta que la mercancía sea entregada en el punto acordado al transportista o transitario contratado por el comprador. Es frecuente que dicho punto sea la fábrica o almacén del vendedor, pero puede ser otro.
- Sin embargo existe una diferencia con el EXW, y es que en este caso el vendedor tiene que entregar una mercancía “libre para ser exportada”, con lo cual tiene que pagar las tasas y proporcionar la documentación precisa para ello. Si no es suficiente, el vendedor no habrá cumplido su obligación de entrega.



▪ **CPT / “Carriage paid to” / “Transporte pagado hasta”:**

- Este término es en el fondo una generalización del CFR, aplicable a cualquier medio de transporte, por lo que el vendedor pagará el transporte hasta destino y los gastos de carga y descarga si el contrato de transporte lo exige.
- La transferencia de riesgos se realiza en el momento en que el vendedor entrega la mercancía en origen al primer transportista (terrestre, marítimo, aéreo o multimodal) de todos los que el mismo haya contratado para transportar la mercancía hasta destino.
- Hasta que la mercancía quede despachada de exportación no se transfieren todos los riesgos del vendedor al comprador.



▪ **CIP/“Carriage, insurance paid”/“Transporte y seguro pagados hasta”:**

- Análogamente al caso anterior, este término es una generalización del CIF marítimo, aplicable a cualquier medio de transporte, por lo que la transferencia de riesgos se realizará con la entrega al primer transportista, como en el caso anterior.
- El vendedor también tendrá que contratar una póliza de seguro endosable, de la misma forma que en el CIF, en condiciones mínimas ICC “C”, y cubriendo también el valor CIP más 10 %. El seguro de riesgos de guerra se cubrirá sólo si lo solicita el comprador.
- El cumplimiento de la obligación se acreditará con el documento de transporte (C/E, C/P, C/A o C/E multimodal) y la póliza de seguro.

### 3.2. SISTEMAS SCM (SUPPLY CHAIN MANAGEMENT)

En los últimos años, la planificación y gestión de la cadena de valor ha ido cobrando importancia mientras las compañías intentaban mejorar su eficiencia, el cash flow, la satisfacción del cliente y el coste de sus infraestructuras.

Una eficaz gestión en este sentido ayuda a:

- Minimizar el coste total desde el primer punto de distribución hasta el usuario final.
- Reducir el coste de operaciones, con un alto nivel de servicio al cliente.
- Optimizar el capital inmovilizado la maximizando de la capacidad.
- Minimizar los impuestos internacionales a través de localizaciones de precios.
- Abastecer a los clientes con los niveles apropiados de servicios y costes.



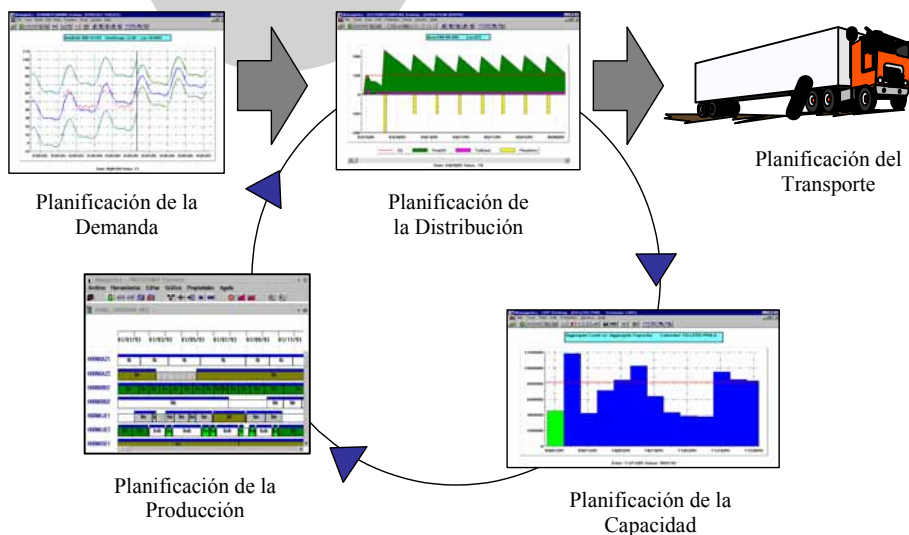
#### DEFINICIÓN SCM

Un Sistema de gestión de la cadena de suministro o SCM, es un sistema en el cual la planificación estratégica, táctica y operacional están totalmente integradas desde el punto de vista jerárquico, temporal y funcional. La integración se extiende a todos los elementos externos que de alguna manera están relacionados con nuestra empresa, como proveedores y clientes



#### EL CICLO DE LA PLANIFICACIÓN INTEGRADA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

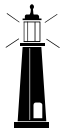
El flujo básico de la planificación integrada comienza en la planificación de la demanda



# 4 LOGÍSTICA DE PRODUCCIÓN



La logística de producción (o logística de planta) comprende el conjunto de actividades necesarias para proporcionar a cada lugar de trabajo los factores productivos que hacen falta para llevar a cabo la tarea que tiene asignada.



Esta tarea se debe hacer minimizando todas las operaciones del proceso productivo que no añaden valor al producto; entre éstas encontramos la manipulación innecesaria y los stocks intermedios, por lo que se actúa básicamente mediante las dos vías siguientes:

- Ubicar almacenes en los lugares apropiados en el interior de la planta para regular la producción con el fin de mantener un ritmo constante, a pesar de que alguna fase del proceso sufra fluctuaciones.
- Establecer el sistema de manutención más adecuado, con el objetivo de llegar a los diferentes lugares de trabajo de los factores necesarios para desarrollar la actividad que tienen asignada. Comprende operaciones de almacenamiento, transporte y handling.

Con el término handling se engloban los diferentes sistemas encargados de la manipulación de los materiales y los productos, especialmente de las actividades de carga y descarga.

Algunos de estos sistemas de handling se instalan de forma permanente y, por lo tanto, condicionan la distribución en planta (grúas, cintas transportadoras, etc.). Otros elementos como carretillas elevadoras, grúas móviles, etc. son mucho más flexibles y de hecho, sólo requieren espacio suficiente para circular.

Todos los aspectos y técnicas de producción se desarrollarán en la documentación de Gestión de Operaciones.

eoi



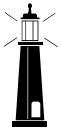
# 5 LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN

## 5.1. LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA

Cuando al principio de este módulo hemos definido la logística, decíamos que debe crear para el comprador una utilidad no sólo de forma, sino también de tiempo y de lugar; aquí es donde la distribución juega un papel fundamental como parte integrante de toda la cadena logística.

La empresa debe diseñar una red de distribución que le permita hacer llegar los productos a los consumidores finales, de forma que se alcancen dos objetivos básicos al mismo tiempo: un nivel de servicio al cliente adecuado (cuya importancia ya se ha mencionado anteriormente) y unos costes mínimos.

Para que esto sea posible, es necesario que todas las partes integrantes de la cadena actúen correctamente; es decir, que se disponga de los siguientes elementos:



- Una planificación correcta de la producción.
- Un aprovisionamiento y un almacenamiento adecuados.
- Una manipulación y un picking de materiales y productos eficientes. El picking es la preparación de un encargo determinado para un cliente. En general, consiste en ir tomando cantidades concretas de productos diferentes para completar el lote pedido. (La traducción literal del inglés sería 'selección' o 'recolección').
- Unas redes de transporte rápidas y económicas que permitan cumplir los plazos de entrega con un coste razonable.

## 5.2. EL ESCALONAMIENTO LOGÍSTICO

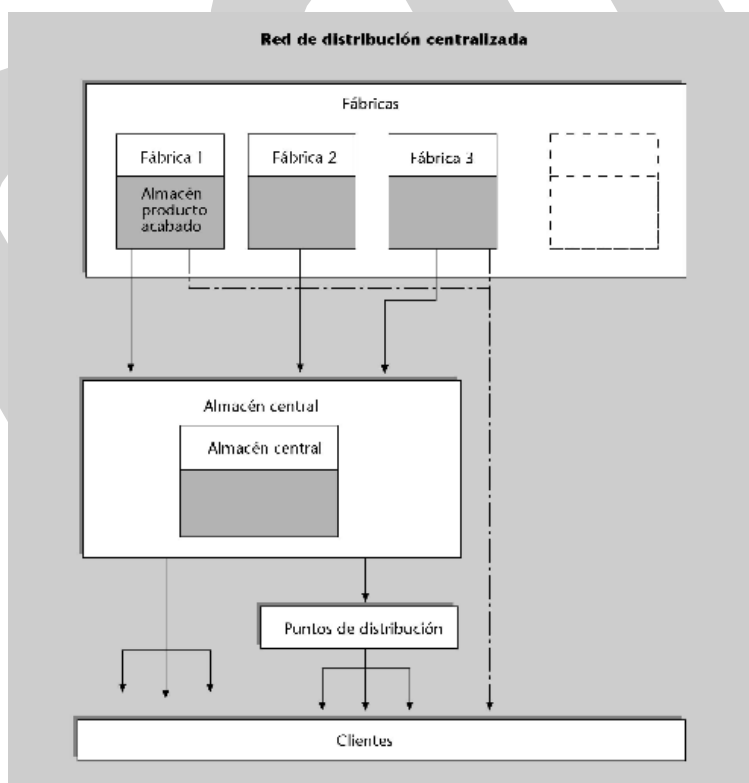
El escalonamiento está formado por las diferentes etapas de aprovisionamiento, fabricación, distribución, transporte y almacenamiento por las que es necesario que pasen los productos: *"El escalonamiento del proceso logístico intenta reducir el coste de transporte procurando que los flujos de materiales se realicen por lotes de dimensión crítica, que los almacenamientos necesarios sean bajos, así como los costes de mantenimiento, y que el servicio en los centros de consumo sea rápido"*.



En el momento de decidir la disposición de los almacenes, con vistas a la distribución posterior de mercancías a partir de éstos, a la empresa se le presenta el problema de determinar no sólo su ubicación, sino también su número; con ello se persigue que se reduzca el coste de transporte y que el servicio en los centros de consumo sea rápido.

La elección de la ubicación más adecuada es una decisión estratégica fundamental, ya que, junto con el número y el tamaño de los almacenes, configuran la estructura de coste y la capacidad de servicio de todo el sistema logístico.

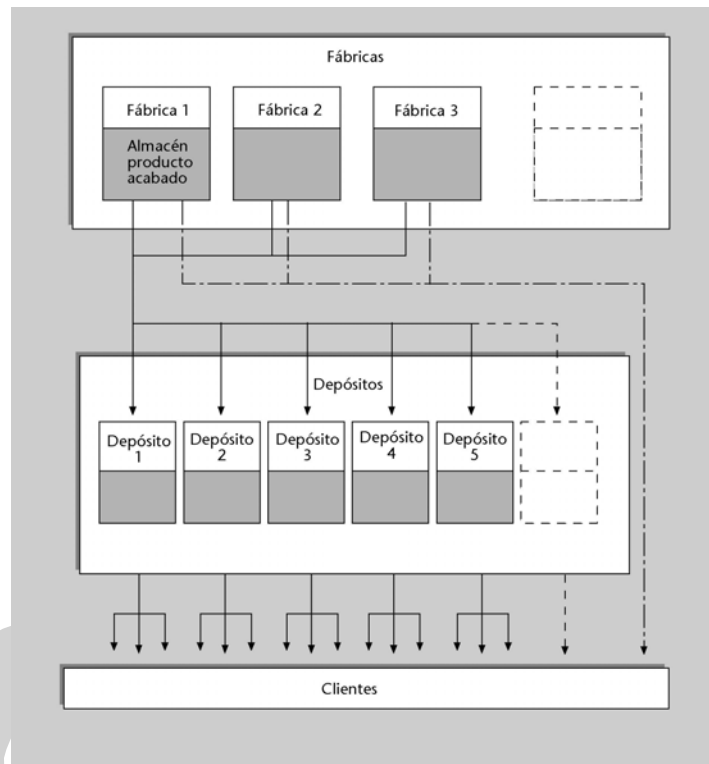
Por lo que respecta a la elección del número, está claro que las ventajas principales de la utilización de un único almacén central de distribución son, básicamente, la reducción de los stocks necesarios, la posibilidad de utilizar elementos más especializados gracias a la concentración y, evidentemente, la mejora del control. Sin embargo, este sistema centralizado presenta unos costes de transporte superiores (para poder llegar a los diferentes mercados), y exige una gran agilidad en la gestión para no perder calidad de servicio.



Fuente: J. Farrán, 1996 (pág. 154).

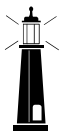
En cambio, si utilizamos más almacenes, conseguiremos estar más cercanos a los centros de consumo y, por lo tanto, las distancias recorridas serán más

cortas, y la rapidez de entrega será superior (a pesar de que los stocks son más elevados).



Fuente: J. Farrán, 1996 (pág. 153).

En general, se busca una situación intermedia, a pesar de que actualmente se tiende a una cierta centralización, de forma que pocos almacenes, estratégicamente ubicados, se encargan de toda la distribución. Esto ha sido posible gracias no sólo a la mejora de los transportes, que ha proporcionado una mayor fiabilidad en las entregas, sino también al desarrollo de sistemas de comunicación nuevos y mejores entre los diferentes centros.



Quando nos referimos a la distribución, podemos hablar de modelos de distribución diferentes, según el escalonamiento o las etapas de transporte y almacenamiento:

- **Distribución directa:** Este modelo implica la entrega directa del producto del fabricante al consumidor final. Desde el punto de vista logístico, la distribución directa evita, por un lado, mantener unos recursos inmovilizados en almacenes, pero, por otro lado, requiere una gran flexibilidad para conseguir dar una respuesta rápida y fiable a los clientes.

- **Distribución escalonada:** Este modelo se basa en la existencia de uno o varios almacenes centrales que reciben la producción directamente de las fábricas o los proveedores y, con posterioridad, la entregan a unos almacenes regionales, desde donde se efectúa la distribución final al punto de venta. La distribución escalonada facilita una respuesta rápida a los clientes, pero, como contrapartida, supone unas grandes inversiones en infraestructura.
- **Distribución desde un almacén central – Depots:** Este modelo elimina los almacenes regionales, que son sustituidos por unas plataformas de carga/descarga (depots) en las que no está el concepto de stock. Las mercancías llegan empaquetadas con destino al punto de venta y se encuentran en este depot como simple mercancía en tráfico. Por norma general, el depot se encarga de forma exclusiva de llevar a cabo una agrupación final de productos para poder entregarlos con rapidez al punto de venta.
- **Distribución directa desde un almacén central:** Este modelo consiste en distribuir el producto directamente de un almacén central a la red de distribuidores, lo que permite invertir menos en infraestructuras. Este tipo de distribución se puede llevar a cabo siempre que no vaya en perjuicio del grado de servicio a los clientes y no represente un incremento de los costes de transporte.
- **Distribución desde una planta de distribución:** Este sistema se basa en la creación de un centro de distribución, que se encarga de recopilar los pedidos de los proveedores para distribuirlos de forma directa a las redes de ventas. Los centros de distribución son habituales en los sectores editorial o de paquetería rápida.

En la siguiente tabla se presentan las ventajas principales de utilizar uno o varios almacenes.

Un almacén	Varios almacenes
Reduce las inversiones en infraestructuras	Incrementan la rapidez de servicio
Reduce los <i>stocks</i> necesarios (no siempre es preciso que éstos se dupliquen, puesto que no existe la necesidad de disponer de <i>stock</i> de seguridad en cada uno de los almacenes)	En algunos casos, reduce las distancias que se deben recorrer
Mejora el control logístico	
Concentra los medios logísticos	





### 5.3. GESTIÓN DEL TRANSPORTE. LA MULTIMODALIDAD

Acabamos de ver que hay que diseñar un sistema de gestión del transporte que determine las cantidades que debemos suministrar desde cada planta de fabricación o almacén hasta cada mercado o destino y las rutas que hay que utilizar, de forma que se minimicen los costes de esta partida (al mismo tiempo que se aseguran las condiciones de entrega de los pedidos).



La elección del medio de transporte (ferroviario, por carretera, aéreo o marítimo, básicamente) tiene una importancia considerable por su repercusión sobre el coste logístico total. Esta elección está determinada tanto por las mismas particularidades del medio (coste, fiabilidad, oferta disponible, etc.) como por otros aspectos como las características físicas del producto (volumen, peso, caducidad...), la ubicación de los lugares de origen y destino de estas mercancías, el valor de los productos, etc.

#### EL ENVASE DEL PRODUCTO



Por lo que respecta a la configuración de los productos, un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta es el envase. Su diseño suele plantear conflictos entre el departamento de marketing, que intenta conseguir formas innovadoras y atractivas, y los responsables de logística, que en ocasiones ven que de este modo aumentan los costes y los problemas de fabricación, almacenamiento y distribución, a causa del desaprovechamiento del espacio en las cajas o las dificultades de manipulación, por ejemplo.

Aquí se origina el hecho de que cada vez más se intente encontrar el equilibrio y buscar la comunicación en el momento de emprender nuevos diseños. (Un ejemplo cotidiano de adecuación entre necesidades de fabricantes, distribuidores y consumidores es el Tetra Brik.)

La internacionalización de la economía ha aumentado la complejidad de la distribución, al ampliar las distancias recorridas por las mercancías, por lo que con frecuencia no es posible, o por lo menos no recomendable, utilizar un único canal de transporte. Además, este aumento de volumen de movimientos ha incrementado la saturación de las redes viarias y ha obligado a buscar nuevos planteamientos.



Por todo ello es fundamental recurrir a la **multimodalidad o intermodalidad**; es decir, a la combinación de diferentes medios de transporte. Esta combinación puede ayudar a reducir los problemas de saturación de algunas infraestructuras, pero su talón de Aquiles son, como se puede suponer, los puntos

de cambio modal; es decir, los puntos de contacto entre los diferentes medios de transporte.

## EL TRANSPORTE MULTIMODAL

Este tipo de transporte está estrechamente relacionado con el desarrollo y la mejora del diseño de contenedores y paletas, que sirven de soporte en el momento de transbordar las mercancías de un medio de transporte a otro (por ejemplo, para pasar de trenes a camiones para una distribución más capilar).

Hoy día se considera que el punto más crítico en el establecimiento de una red multimodal se encuentra en el ferrocarril.

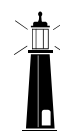
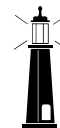
## 5.4. PLATAFORMAS LOGÍSTICAS

Los intercambios modales se pueden llevar a cabo en zonas específicamente establecidas para esta finalidad, donde también se efectúan otras actividades complementarias (ruptura de cargas, etiquetado, etc.). Son las plataformas logísticas, que pueden presentar diferentes configuraciones en función de los servicios ofrecidos.

Estos servicios representan ahorros de costes considerables y ventajas importantes para las empresas, que se pueden concentrar fundamentalmente en su actividad principal y subcontratar las fases de la cadena logística que deseen.

A continuación, analizamos de forma breve las tres siguientes plataformas logísticas:

1. Una zona de actividades logísticas (ZAL) es un centro de distribución multimodal donde, además de las operaciones habituales de cambio de medio de transporte (marítimo, terrestre o aéreo), y la consolidación o ruptura de la carga, se prestan otros servicios relacionados principalmente con la gestión de stocks y la distribución: control de calidad, embalaje y etiquetado, picking, procesos administrativos (facturación, gestión aduanera, etc.), además de haber servicios adicionales como por ejemplo áreas de servicio para los camiones (gasolinera, aparcamiento, taller, etc.), servicios de mantenimiento (como la vigilancia o la recogida de basuras), etc. Lo que se hace en la ZAL es aprovechar el cambio modal para llevar a cabo una serie de operaciones que aumentan el valor añadido de las mercancías.



2. La competencia creciente entre puertos ha llevado a buscar nuevas vías para aumentar su área de influencia y, por lo tanto, su volumen de actividad. El deseo (y la necesidad) de conexión entre ciertos centros logísticos ha hecho que algunos puertos se planteen la creación de un puerto seco, que es como se denomina una terminal ferroviaria de un puerto que permita conseguir su prolongación tierra adentro.
3. Otro tipo de plataforma logística son las denominadas centrales integradas de mercancías (CIM), espacios localizados normalmente cerca de grandes núcleos urbanos donde se llevan a cabo fundamentalmente operaciones de intercambio monomodal que intentan racionalizar el transporte por carretera. En éstas se hace el tras-paso, por ejemplo, de mercancías de camiones grandes a pequeños, lo cual evita la circulación de vehículos de gran tonelaje por el interior de las ciudades.

## 5.5. LA LOGÍSTICA EXTERNA DE LA EMPRESA

El transporte y su gestión se encuentran en la denominada logística externa de la empresa (aprovisionamiento y distribución). Se trata de una variable estratégica, táctica y operativa:

- Variable estratégica: está vinculada de manera directa con la calidad del servicio.
- Variable táctica: influencia en el nivel de stock.
- Variable operativa: influencia en la reducción de costes de los envíos.

Las diferentes posibilidades de transporte (mar, carretera, ferrocarril, aire, ríos y tuberías) poseen una mayor o menor importancia relativa según la zona geográfica por la que se desplacen estas mercancías.

### RUTAS DE REPARTO

La ruta de reparto constituye la trayectoria que recorre cada vehículo con carga, desde el punto de origen, visitando todos los puntos de reparto, hasta que vuelve vacío al punto de origen. Constituye la primera cuestión a resolver cuándo se planifica un sistema de distribución.

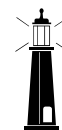
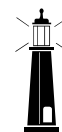
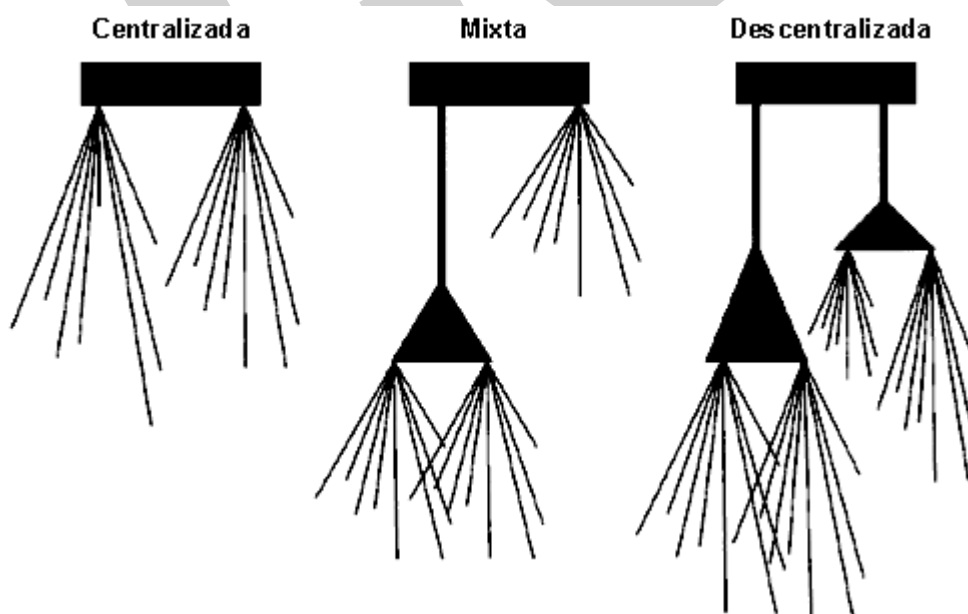
## VARIABLES QUE SE PRECISAN CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LA RUTA

En el diseño de las rutas, es conveniente tener en cuenta las siguientes variables:

- Situación de los centros de distribución. Situación de los puntos de reparto.
- Número de puntos de reparto. Frecuencia del reparto (consumo/stocks).
- Volumen de mercancías que se deben repartir.
- Tiempo utilizado en el reparto.
- Tiempo de transporte parcial entre los puntos.
- Tiempo utilizado en la descarga de las mercancías.

## FORMAS DE LLEVAR A CABO EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN

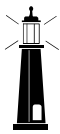
- Centralizada: un almacén central distribuye a las grandes superficies y a los puntos de venta en general.
- Descentralizada: desde un almacén se distribuye a almacenes reguladores de zona que, con posterioridad, distribuirán a los puntos de venta.
- Mixta: combinación de los dos sistemas según las zonas que se precisan cubrir o los productos que se deben distribuir.



## PLANIFICACIÓN

Es preciso programar los repartos de manera que se optimicen las utilizaciones de los vehículos y que den cubiertas todas las zonas de reparto. Esto se materializará por medio de la edición de las fichas de ruta para cada vehículo. Éstas indican al personal del vehículo la ruta que deben seguir y la mercancía que se necesita descargar en cada punto.

El proceso a seguir es el siguiente:



- Se divide la zona total en zonas parciales.
- Se asignan vehículos de reparto a estas zonas parciales.
- A cada vehículo se le asigna una ruta dentro de estas zonas parciales.



El problema puntual de cada zona es un caso estudiado y conocido como el **problema del viajante de comercio**.

$A$  = zona de acción del vehículo.

$N$  = número de puntos de reparto dentro de la zona.

$C$  = puntos de reparto de cada vehículo (capacidad).

$\delta = N / A$  = densidad.

Las diferentes soluciones que se proponen según los distintos valores de las variables anteriores son:

$A \geq N$ : un solo vehículo cubre todos los puntos del área asignada.

$C < N$ : se necesita más de un vehículo por zona.

$C^2 > N$ : caso particular del anterior, en el que  $C$  adquiere un valor mayor y  $N$  también. En este caso, la distribución se llevará a cabo con sectores de círculo (zonas triangulares). Este círculo centrado en el almacén cubre toda la zona de acción de reparto.

Se suponen inicialmente:

$N$  = número de puntos de reparto dentro de la zona.

$C$  = puntos de reparto de cada vehículo (capacidad).

$\delta = N / A$  = densidad.

Con estos datos iniciales se plantean tres casos distintos según el valor de estos parámetros:

1. Caso A (C = N)

En este caso se supone que C = N, con lo que tenemos que un solo vehículo cubre todos los puntos del área asignada.

La solución de este problema no es única y ninguna de ellas es totalmente óptima, aunque sí hay múltiples soluciones aceptadas.

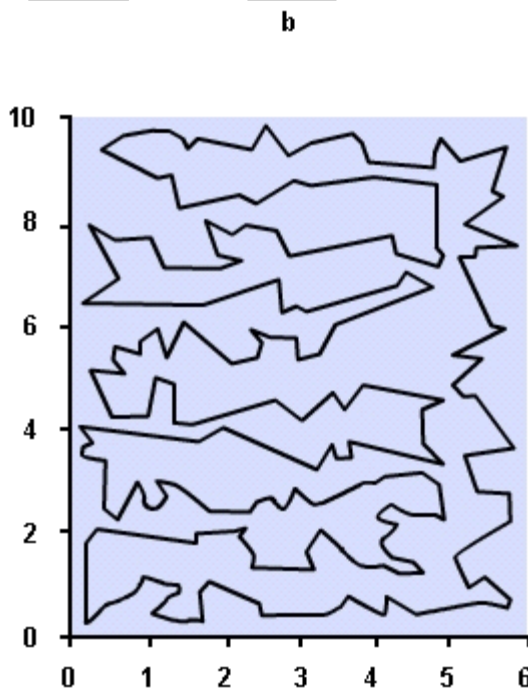
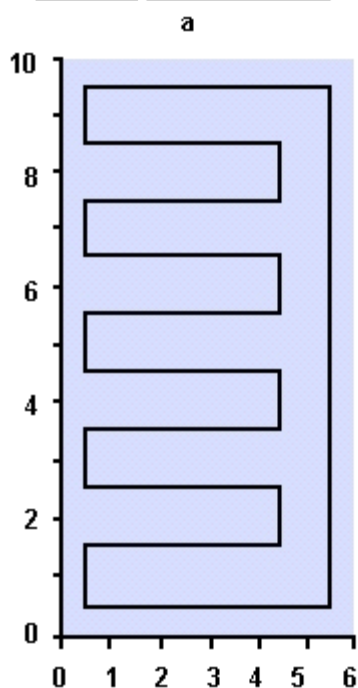
Cuando los puntos de reparto están aleatoriamente distribuidos, una solución consiste en cubrir la zona de acción con una banda de anchura aproximadamente constante (®). Los puntos de reparto se irán visitando a medida que van siendo cubiertos por la banda.

El valor del ancho de banda ® debe ser tal que minimice la distancia media entre puntos de reparto. Se estima como valor óptimo de ancho de banda:

$$\beta = \sqrt{\frac{2,97}{\delta}}$$

Una vez planificada la ruta, es conveniente hacer pequeñas modificaciones que ajusten la solución.

A continuación en los gráficos a y b, se desarrolla el método. Primero la situación de la banda sobre el área a estudiar, y a continuación el trazado de una ruta concreta sobre esta área.

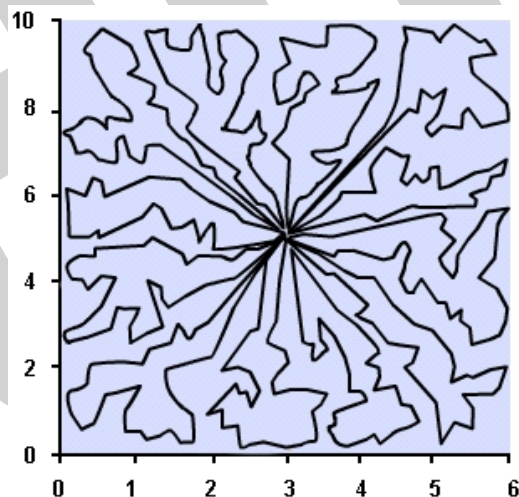


Se pueden calcular las distancias medias de las rutas siguiendo las líneas trazadas por las bandas. Estas distancias serían aproximadamente:

$$L = 0,8 N \frac{1}{\sqrt{\delta}} \approx 0,8 \sqrt{A} \cdot N$$

De esta manera se pueden hacer unos cálculos iniciales de anchos de banda y de longitudes medias de las rutas.

2. Caso B ( $C \leq N$ ): En este caso se tiene que  $C \leq N$ , con lo que se necesita más de un vehículo por zona, que es el caso más general. La única diferencia con el caso anterior es que en una zona se necesita más de un vehículo, con lo que se debe volver a compartimentar esta zona de forma que la puede cubrir un solo vehículo, una vez el vehículo esté en su zona se comportará siguiendo el modelo anterior.
3. Caso C ( $C^2 > N$ ): Éste es un caso particular del anterior, donde C toma un valor grande, pero N también, cumpliéndose que  $C^2 > N$ . En este caso es habitual aplicar el método de barrido. Este método es muy similar al visto anteriormente con las bandas, pero aquí la aproximación se hará con sectores de círculo (zonas triangulares). Este círculo centrado en el almacén cubre toda la zona de acción de reparto. Los puntos cercanos al almacén se recorrerán sin mucha desviación transversal.

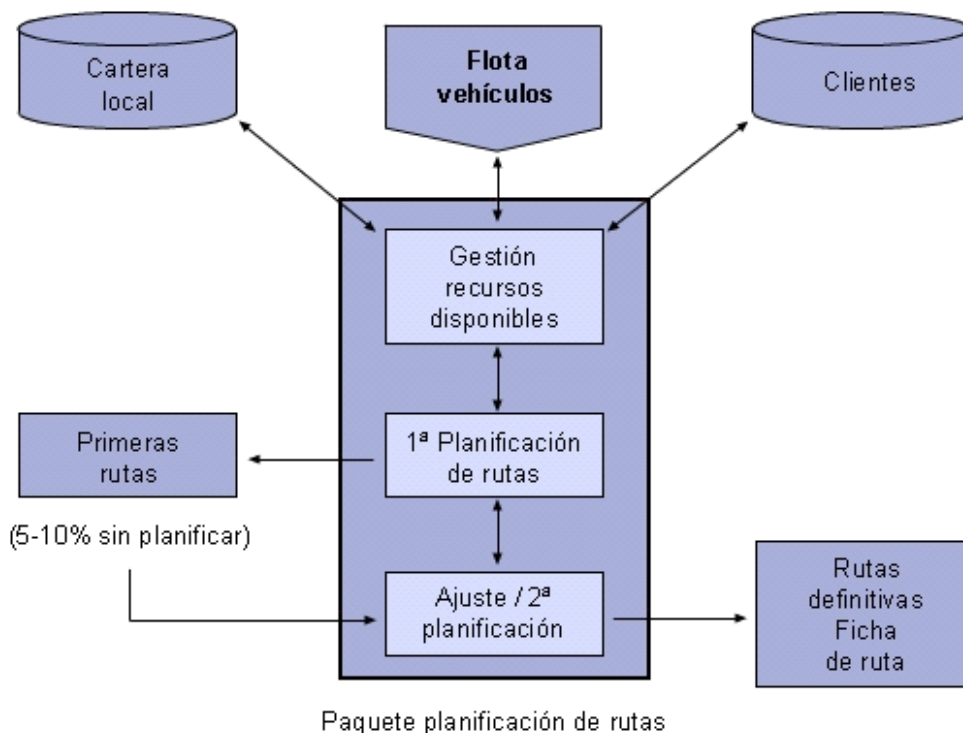


La figura muestra cómo quedan las zonas de reparto dibujadas de esta manera.

Debe apuntarse finalmente, al tratar la planificación de las rutas de reparto, que existen en el mercado diversos paquetes informáticos que solucionan este problema, dada la dificultad de cálculo que conlleva la resolución de los



métodos planteados. La operativa de un paquete de este tipo puede ser la representada en la figura siguiente:



?

### CONTROL DE LA CADENA DISTRIBUTIVA

Todo el movimiento de las mercancías, la cadena distributiva, se precisa controlar de forma documental. Las maneras de llevar a cabo el control están muy estandarizadas.

Los sistemas de control están basados en el uso informático y las nuevas tecnologías (seguimiento por satélite GPS, Internet, etc.).

Por ejemplo, existen direcciones web, donde podemos encontrar información de la ruta, la velocidad, la altitud y la posición de aviones comerciales en tiempo real. Estos sistemas ofrecen una gran rapidez en la gestión y la posibilidad de conseguir el objetivo de los “cero papeles”. Se pueden programar y seguir todos los movimientos, así como las entradas y salidas de almacén (códigos de barras, lectores ópticos, etc.).

?



# 6 GESTIÓN DE ALMACENES

## 6.1 CONCEPTO Y FUNCIONES

Un almacén es el espacio físico donde se acumulan materias primas, productos semielaborados, productos acabados u otros elementos, esperando su utilización en el proceso productivo o la entrega al cliente.



La existencia de almacenes está justificada por las siguientes funciones:

1. Por varias razones, se necesita **acumular mercancías durante un periodo de tiempo determinado**.

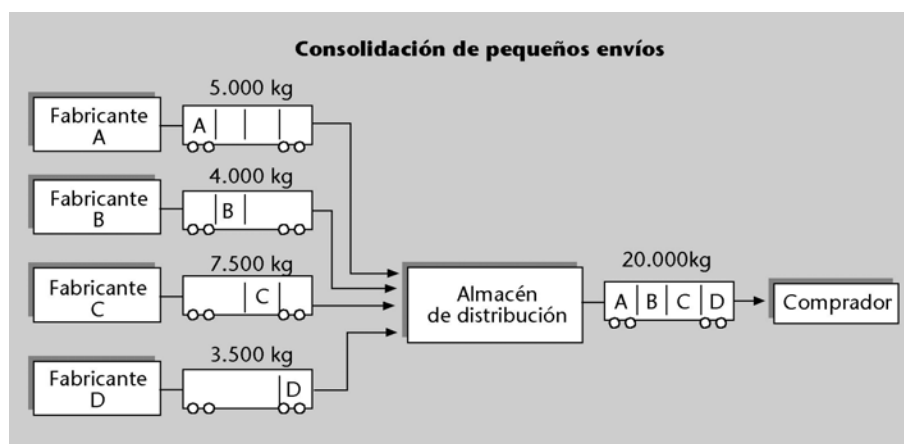
- Por un lado, mantienen una cantidad concreta de materiales o productos acabados que actúan como “amortiguadores” de posibles desequilibrios. Ya que normalmente no es posible predecir con total certeza la demanda del mercado, adaptar la producción automáticamente a sus variaciones a un coste razonable ni asegurar que no habrá ningún problema con los suministros, hace falta una serie de inventarios en los diferentes almacenes de la empresa para prevenir alteraciones en el ritmo de producción o para evitar el hecho de no poder satisfacer las necesidades de los clientes.

Cuando un almacén se queda sin existencias de cualquier material, producto semielaborado o producto acabado, hablamos de ruptura de stock, que lleva asociados unos costes de ruptura importantes (detención del proceso productivo, pérdida de ventas, pérdida de imagen, etc.).

- Además, hay otros motivos por los que la empresa se puede ver en la necesidad de llenar su almacén, como por ejemplo el hecho de haber efectuado compras de gran volumen para obtener descuentos en el precio (si esta operación tiene lugar, esta disminución en el coste de adquisición se tendrá que comparar con el incremento en los costes de almacenamiento para determinar si la operación interesa o no).
- También hay algunos productos que por sus características necesitan un tiempo de maduración previo a su consumo (vinos, cavas, etc.).

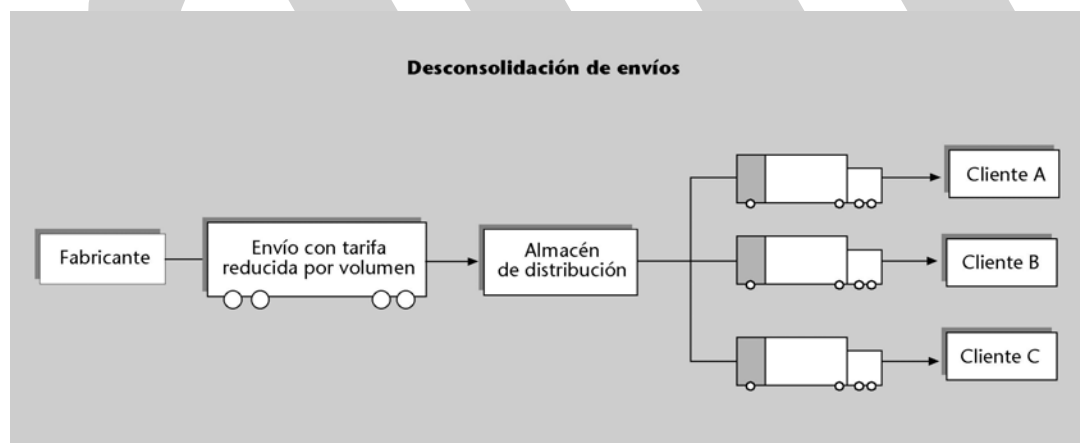
2. En el almacén se llevan a cabo diferentes **manipulaciones de los productos**: carga y descarga, preparación de pedidos (picking), consolidación o división de los envíos, etc.

Si los productos se elaboran en diferentes lugares, es recomendable reunirlos (consolidarlos) para aprovechar las ventajas en costes que se pueden obtener por hacer un único envío de gran volumen, en lugar de muchos envíos pequeños.



Fuente: R.H. Ballou, 1991 (pág. 279).

En ocasiones llegan al almacén envíos de gran volumen, trasladados conjuntamente para obtener costes de transporte más bajos; una vez allí son divididos en envíos de menor tamaño destinados a diferentes consumidores.



Fuente: R.H. Ballou, 1991 (pág. 279).

Como es evidente, este almacenamiento y esta manipulación tienen un precio, por lo que se deberá analizar si queda compensado por las ventajas que comporten; estas ventajas derivan de los costes de adquisición inferiores (por los descuentos obtenidos de las compras de más volumen), costes más bajos de transporte (por una optimización de los envíos) o de producción (si el inventario evita tener que adaptarse a los cambios de una demanda muy variable).



A pesar de estas posibles justificaciones, en los últimos años se ha ido extendiendo la convicción de que los inventarios no son una solución a los problemas (de la organización en general y de la cadena logística en particular), sino simplemente una máscara que los oculta; por lo tanto, se tiende a eliminar los stocks excesivos.

### OCULTAR LOS PROBLEMAS MEDIANTE LOS STOCKS

La ocultación de problemas mediante los stocks es una idea que la filosofía JIT (Just In Time) representa muy gráficamente con la imagen de un barco (empresa) que puede navegar tranquilamente mientras el agua (stocks) cubre las rocas (problemas).

El JIT implica que no se produce ninguna actividad hasta que ésta no se pida; es decir, implica lo que se denomina un sistema de tirón (pull). Evidentemente, un diseño así exige un alto grado de comunicación entre los asociados de la cadena logística.

## 6.2. TIPOS DE ALMACENES

Por lo que respecta a la forma o las dimensiones del almacén, estaremos condicionados por factores como el volumen requerido de inventarios, las necesidades de espacios suplementarios, los sistemas de manipulación y mantenimiento utilizados (de instalación fija o móvil), etc. Todos estos aspectos que acabamos de mencionar, como ya hemos comentado, suponen una restricción importante en el momento de proceder a la distribución en planta del recinto.

En el caso de los almacenes es especialmente importante encontrar el equilibrio entre la accesibilidad a las mercancías y el aprovechamiento del espacio.

Por lo que respecta a la propiedad de los almacenes, se plantean diferentes alternativas: pueden ser almacenes propios, de alquiler, en leasing, etc., o bien se puede ceder este servicio a un especialista (operador logístico), como veremos más adelante. A menudo se buscan soluciones combinadas.

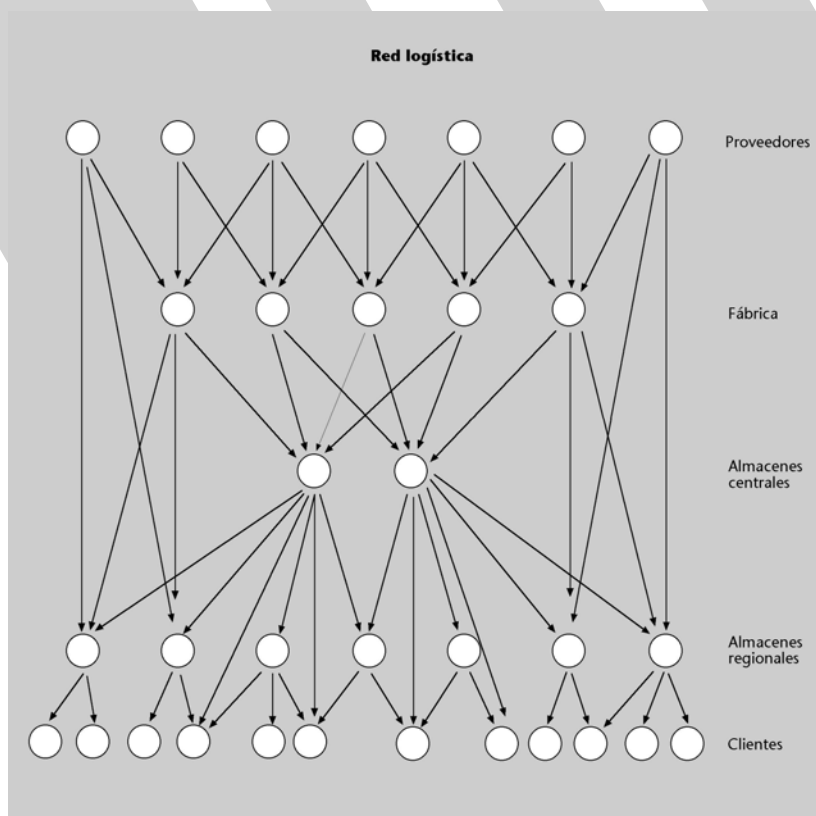
Para establecer una tipología de almacenes podemos utilizar diferentes criterios de clasificación, que exponemos a continuación:

1. Según el tipo de **producto almacenado**, podemos distinguir entre:

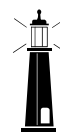
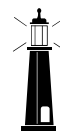
- Almacén de materias primas. A causa del papel de estas materias en el proceso productivo, es necesario que estén cerca de las plantas transformadoras. En este caso, los costes de ruptura son especialmente elevados, si tenemos en cuenta que pueden hacer que se detenga todo el proceso.
- Almacén de productos semielaborados. Normalmente se sitúan entre las plantas productivas para garantizar un flujo continuo del proceso.
- Almacén de productos acabados. Aquí es donde estos productos se acumulan, a la espera de ser entregados a los consumidores.
- También hay otros tipos de almacenes, como por ejemplo almacenes de piezas de recambio destinadas a servicios posventa, almacenes de herramientas, almacenes de archivos de información, etc.

2. Según la función que tienen en la red logística, podemos hablar de (Arbonés, 1990, pág. 16):

- **Almacenes centrales**, que concentran los stocks de todos los almacenes que dependen de ellos, y llevan su control y gestión. Suelen actuar en el ámbito nacional y regional.

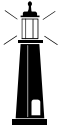


Fuente: E. Arbonés, 1990 (pág. 12).



- **Almacenes reguladores** o secundarios, que pueden ser de recolección (situados, por lo tanto, cerca de los centros de abastecimiento), o de distribución (colocados cerca de los centros internos de consumo).
- **Depósitos**, que son espacios situados cerca de los centros de consumo cuando están muy dispersos, como puede ocurrir en cada una de las naves de producción. En estas naves se colocan las mercancías en depósito según las condiciones de un contrato establecido entre depositante y depositario.
- **Parques o espacios de espera**, situados entre cada dos operaciones de producción consecutivas.

3. Según las técnicas de manipulación, podemos hablar de:



- **Almacenes clásicos.**
- **Almacenes modernos**, entre los que destacaremos los almacenes automáticos.

### 6.3. LA MANUTENCIÓN EN LOS ALMACENES



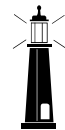
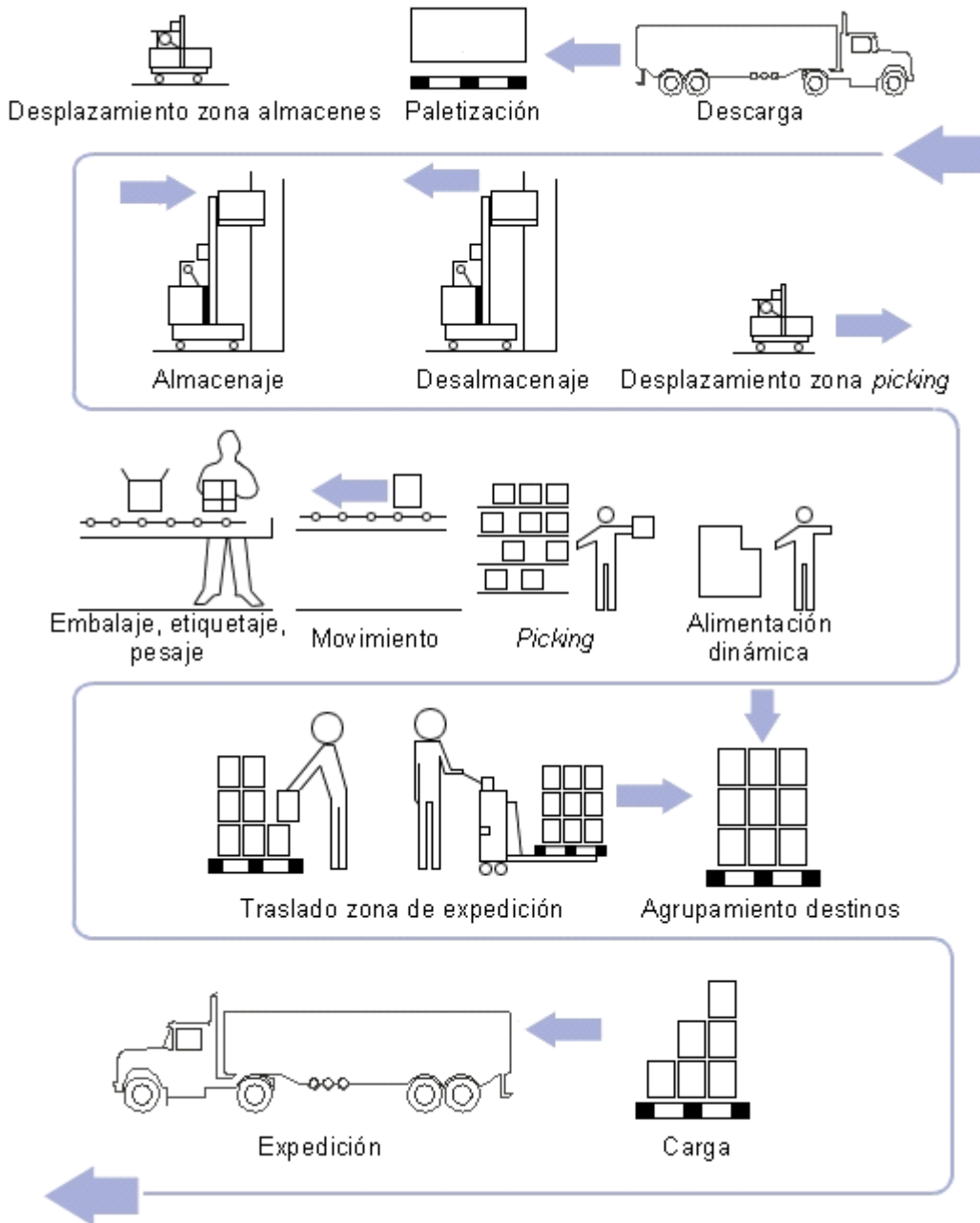
Las manipulaciones son todas las operaciones de movimiento de mercancías y su expedición posterior, que no implican transformaciones físicas o químicas del producto, es decir, no añaden valor y, en cambio, constituyen una fuente de costes muy importante para la empresa.



Las actividades más comunes de las manipulaciones son:

- Cargas y descargas
- Embalajes y desembalajes
- Controles
- Estibas y acarreos
- Recuentos / Preparación de pedidos / Etiquetado
- Organización por paletas / Acondicionamiento de la mercancía

### Manipulaciones almacén



Los factores que inciden en los costes de manipulación son los siguientes:

- Estudios de métodos y tiempo utilizado (racionalización).
- Mecanización y automatización de las operaciones.
- La normalización.



- Adopción de normas referentes a las dimensiones de las paletas, su calidad, la altura de los productos, los pesos, las tolerancias, etc.
- La constitución de las unidades de manipulación más adecuadas.

Para analizar las manipulaciones que se realizan en un almacén, es preciso conocer previamente las funciones y tareas que en él se efectúan. Cada tarea deberá ser estudiada al máximo detalle y valorada tanto en tiempo de hombres como de máquinas. Sólo después de este análisis exhaustivo de las operaciones se podrá profundizar en el estudio de las posibilidades de simplificación.

Los principios básicos para la **simplificación de las manipulaciones** son:



1. Reducir las distancias a recorrer. Las distancias deberán ser siempre las mínimas y este principio se deberá aplicar a todo tipo de movimientos, tanto si los desplazamientos son grandes con carretillas, como si son cortos como los de un hombre al recoger una caja para preparar la carga.
2. Aumentar la velocidad de los medios mecánicos en sus movimientos. De esta forma se reduce el tiempo necesario.
3. Mover, en cada caso, la máxima unidad de manipulación posible. Paletizar al máximo.

En el estudio de simplificación no hay que olvidar jamás las relaciones y repercusiones que un cambio en la manipulación pueda ocasionar en otras funciones de la distribución. Es preciso considerar íntegramente todas las funciones implicadas, puesto que el objetivo deberá ser siempre la reducción de los costes totales.



La **unidad de manipulación** se define como el conjunto de mercancías que se agrupan con la finalidad de facilitar el manejo, el transporte o el almacenamiento. También se conoce como unidad de carga.

La cantidad de objetos que pueden formar una unidad de manipulación depende de su naturaleza y tamaño. En particular es preciso considerar las siguientes particularidades:

- Unidad de volumen
- Unidad de peso
- Cantidad de producto contenido por unidad de continente

- Forma
- Resistencia
- Estabilidad
- Manejabilidad
- Economía
- Medios de manipulación precisos

Para constituir, en cada caso, una unidad de manipulación es necesario clasificar previamente los objetos en categorías inequívocamente claras, determinando los motivos por los cuales se constituye.

Es indudable que el transporte en grandes cargas reduce costes, facilitando, en la mayoría de los casos, su almacenamiento, pero en la distribución es habitual que aquellos productos que han entrado en el almacén formando una unidad de manipulación salgan en unidades mucho más pequeñas.

Una manera de satisfacer las diferentes necesidades que aparecen a lo largo de todo el sistema de distribución es crear diversas unidades de manipulación de forma tal que ellas mismas puedan constituirse fácilmente en unidades de manipulación superiores.

El proceso anterior sólo tiene los límites que determinan la resistencia y la estabilidad de las unidades que forman la nueva unidad de manipulación y la de los medios disponibles para el manejo de las cargas así creadas. Por ello se encuentran una gran variedad de formas y medidas de unidades de manipulación, por ejemplo:

- Cajas (cartón, madera, plástico)
- Bandejas (plástico, cartón)
- Bidones (vidrio, plástico, metálicos)
- Bacs (apilables, encajables)
- Sacos (papel, plástico, tela)
- Rollos, bobinas
- Paquetes (grupos de carga larga)



- Contenedores (metálicos, isotérmicos)
- Paletas
- Rolls



Con respecto a las diversas agrupaciones de unidades que se pueden establecer, además de la unidad de manipulación, es de interés establecer las diferenciaciones siguientes:

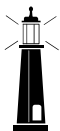
- La **unidad de consumo**, constituye la unidad de producto más pequeña que el consumidor puede adquirir al detalle.
- La **unidad de entrega** es cualquier agrupación constituida por unidades de consumo que correspondan a las condiciones óptimas de explotación por medio del sistema de producción, el de distribución o el de comercialización.

## PALETAS

Por la importancia que tiene la paleta en la logística distributiva, como elemento de función universal, puesto que es utilizado para sostener, (des)cargar, transportar y almacenar productos, se considera imprescindible ampliar conocimientos básicos sobre esta unidad de manipulación.

Las paletas se definen como plataformas horizontales utilizadas como base para apilar, almacenar, manipular y transportar cargas en general, mediante el uso de carretillas elevadoras de horquilla, transpaletas o cualquier otro mecanismo elevador adecuado.

Las paletas están concebidas, pues, para permitir que los productos sean manipulados, agrupadamente, por métodos mecánicos.



Las paletas se pueden clasificar las paletas bajo dos criterios: en función de su forma constructiva y en función del uso a que se destinen. La clasificación más generalizada es la que atiende a su forma constructiva que viene exhaustivamente recogida en la norma UNE-49900 "Paletas para manipulación de mercancías".

De toda la extensa variedad de paletas, hay que centrar la atención en la paleta de madera denominada europea, de dimensiones 800 x 1.200 mm., por ser la más extendida en la distribución de productos de gran consumo, llegando "casi" a imponerse la obligatoriedad de su uso.

En España se encuentran normalizados los tipos de paletas que a continuación detallamos:

- 1.000 x 1.200 para bebidas.
- 600 x 800 minipaleta europea, aunque no está comercializada se utiliza conjuntamente con la europea, pudiéndose colocar dos minipaletas sobre una europea.
- 1.120 x 1.420 paleta para latas de conserva.
- 1.200 x 1.200 paleta para sacos y toneles.

Los aparatos de manutención empleados en las actividades del almacén forman parte del sistema de almacenaje, por tanto, nunca deberán considerarse aisladamente sino en relación con el tipo de unidades de carga a manejar, el método de almacenamiento y las estanterías utilizadas. Es imprescindible que las características de los tres componentes citados estén perfectamente equilibradas.

Es frecuente hallar varias clases de aparatos trabajando simultáneamente en un mismo almacén. Los aparatos de manutención pueden dividirse en tres grandes clases:

- Aparatos para el manejo de cargas unitarias: Transpaletas, apiladoras, carretillas y transelevadores.
- Aparatos para la preparación de pedidos.
- Puentes grúa.

## 6.4. DISEÑO DE ALMACENES

El diseño de un almacén implica la toma de decisiones a largo plazo; bien entendido que estas decisiones condicionan posteriormente los equipamientos y servicios que se van a requerir para conseguir un almacenamiento eficaz y eficiente.

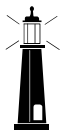
### LOCALIZACIÓN DEL ALMACÉN

Las primeras tareas en el diseño de un almacén van orientadas a seleccionar el lugar donde éste se va a ubicar. La situación de un almacén dentro de una

red logística constituye una de las decisiones clave puesto que condicionará, de forma sustancial, la relación coste/servicio del sistema logístico global.

Si el sistema logístico puede ser considerado como una red a través de la cual circulan mercancías e informaciones, los almacenes serán los nodos de la red, donde los productos se detienen temporalmente. El problema que se plantea es la determinación de la cantidad de nodos, su tamaño y su situación en esa red logística.

La solución al problema de la localización de un almacén pasa por dos etapas:



1. **Localización de la zona general.** La decisión deberá estar basada en la consideración de los costes implicados y en los niveles de servicio al cliente deseados.
2. **Selección de un punto concreto,** dentro de la zona general elegida anteriormente. Esta decisión deberá basarse en los estudios de las características particulares y diferenciales de los posibles puntos dentro de esa zona.

La primera etapa puede llegar a ser un problema de compleja solución, si se considera la gran cantidad de combinaciones posibles. Las técnicas informáticas permiten la creación de modelos matemáticos que simulen los resultados de diferentes hipótesis. El estudio de los modelos y el análisis de sus consecuencias ha ayudado a formular un planteamiento científico de este problema, cuando hasta el momento sólo había sido tratado de forma intuitiva y experimental.

Dos son los modelos comúnmente empleados para ubicar un almacén en la red logística:



1. **Método gráfico de Weber:** Soluciona la ubicación de almacenes en una red de distribución, de forma que la suma de los costes de transporte se minimicen. El factor considerado como más importante para la ubicación de un nodo en la red es el coste de transporte, que puede considerarse no lineal.

Este método tiene en cuenta inicialmente:

- Demanda de los productos.
- Situación de puntos origen/destino.
- Tarifas de transporte.

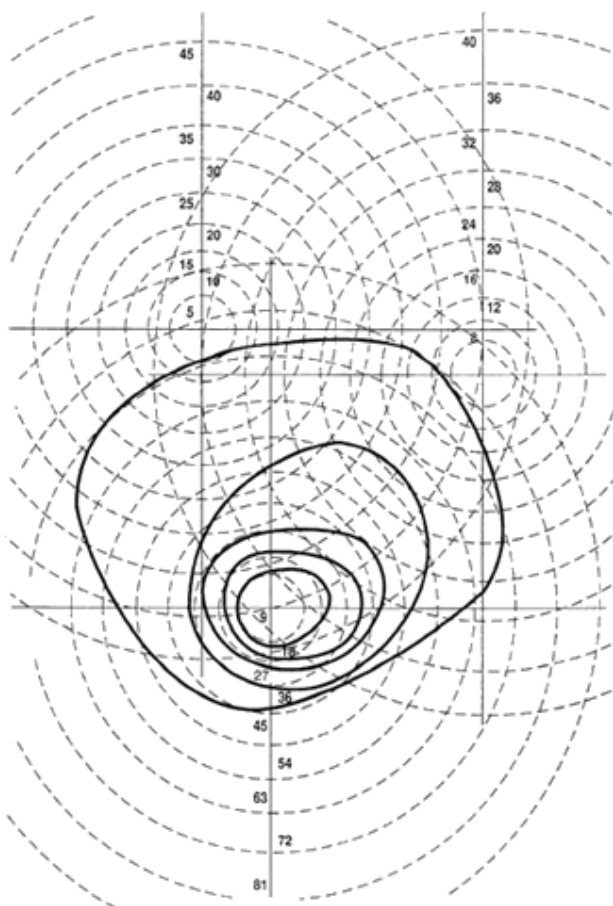
La operativa comienza situando sobre un plano los puntos origen O1 y destino D1 y D2 de los productos. Centrados en estos puntos, se representan círculos concéntricos con los distintos costes de transporte. Estos

costes son el resultado de multiplicar las tarifas por el volumen de mercancías transportado. Debe puntualizarse que el radio de los círculos no crece de forma constante, lo que indica la no linealidad de los costes de transporte.

El método propone buscar puntos de igual coste total, que al unirlos forman curvas isocoste. Estas curvas van convergiendo en un punto, de coste total mínimo, que será la solución del problema.

Este método de Weber nos ofrece un mapa de costes, con el que se pueden ensayar variadas ubicaciones del almacén, dependiendo de otros factores como: costes del terreno, costes laborales, de recursos, etc. Si existe un número elevado de puntos de origen y destino, la complejidad de los cálculos implica-dos exige la utilización de un potente ordenador.

Gráfico de Weber



2. Método del centro de gravedad: El método de Weber sólo considera los costes de transporte; pero no el volumen de la demanda. El método del centro de gravedad se basa en la consideración de que la mejor situación de un almacén es el centro de gravedad de la demanda por los costes del transporte.



Si en una cuadrícula se representan las coordenadas de los puntos de origen y destino ( $X_i, Y_i$ ), las coordenadas del centro de gravedad ( $X_0, Y_0$ ) se determinarán a partir de los datos siguientes:

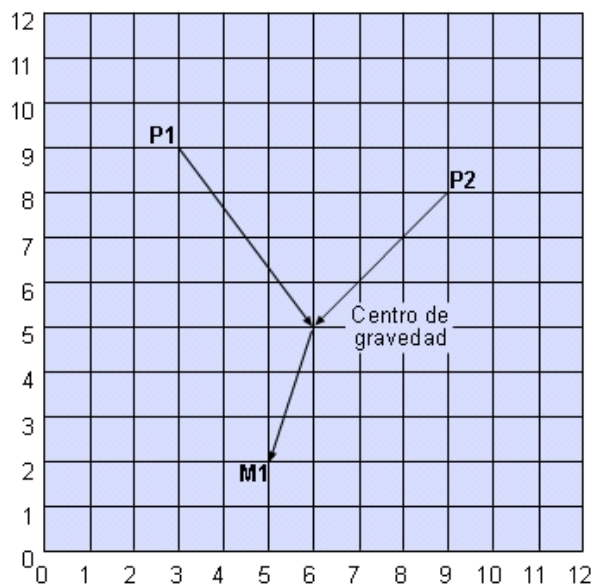
$V_i$  = Volumen transportado desde/al punto  $i$

$C_i$  = Coste del transporte desde/al punto  $i$

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \times C_i \times X_i}{\sum_{i=1}^n V_i \times C_i} \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n V_i \times C_i \times Y_i}{\sum_{i=1}^n V_i \times C_i}$$

Hay que considerar que las coordenadas  $X_i, Y_i$  no son independientes entre sí, puesto que son los catetos de un triángulo rectángulo cuya hipotenusa es la distancia entre los puntos. La resolución del problema general planteado anteriormente con este método está reflejada en la siguiente figura.

Una mejora sustancial de este método, pero con cálculos más complejos, se obtiene al considerar los diversos niveles de servicio al cliente asociados a las distancias entre almacenes y puntos de destino, buscando, entonces, aquellos puntos de ubicación que, además de minimizar los costes de transporte, maximicen los niveles de servicio al cliente.



De los dos métodos descritos aquí y de otros que puedan crearse, hay que considerar, obviamente, que no existe ningún modelo que pueda contemplar todas las posibles variables; pero las soluciones obtenidas deberán considerarse como buenas directrices y sólo útiles en la medida en que se conozcan sus ventajas y limitaciones.

Normalmente, el problema de determinar la mejor ubicación de los almacenes es muy complejo, puesto que las variables son elevadas y algunas desconocidas; pero los métodos cuantitativos ofrecen buenas directrices generales, siendo los factores intuitivos y la experiencia los que deben complementar las deficiencias de los modelos matemáticos.

## DIMENSIONES Y CAPACIDADES

Una vez se ha tomado la decisión sobre dónde localizar el almacén, la segunda cuestión consiste en determinar el edificio y el diseño de la planta. Éstas constituyen decisiones a largo plazo que delimitan los equipamientos y los servicios que se requieren con el fin de conseguir un almacenamiento adecuado.

### *El edificio*

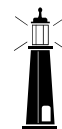
Mientras que la distribución interna de un almacén puede modificarse con relativa facilidad, una vez se ha determinado la dimensión durante un largo periodo de tiempo, las operaciones que se llevarán a cabo quedarán condicionadas.

Por dimensión de un almacén entendemos la capacidad cúbica del edificio: longitud, anchura y altura. Los aspectos más importantes que es preciso considerar son:

- El número de plantas
- La geometría de la planta
- El suelo
- Las columnas
- La iluminación
- Los rampas
- La seguridad

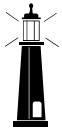
### *El diseño de la planta*

El objetivo del estudio de las diversas soluciones del diseño del interior de un almacén será siempre minimizar los costes de manejo de los productos y el



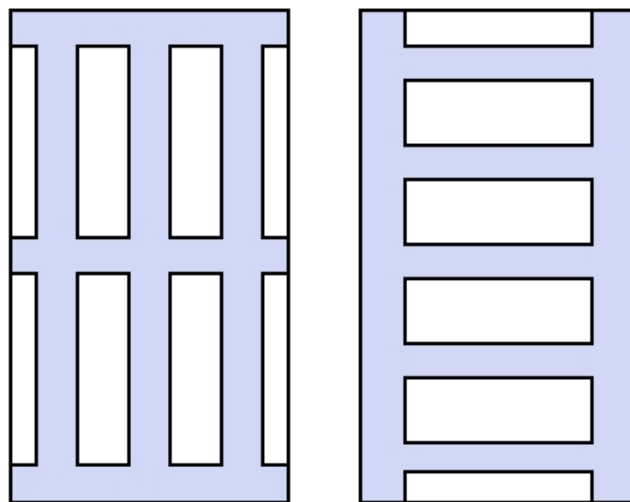
coste del espacio asociado al volumen del edificio. Los espacios a disponer en el almacén deben ajustarse realmente a la operatividad máxima que se busca. En todos los almacenes hay zonas de mayor y menor movimiento. Como norma general se deberá buscar una homogeneidad de trabajo en todo el almacén.

Hay que considerar que siempre existirán zonas de mayor accesibilidad que otras y el mover los productos que se encuentran en ella se hará más cómodamente y con menos trabajo. Por ello es importante el situar en esas zonas más accesibles los productos de mayor rotación.



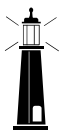
El almacén deberá estar diseñado para atender a las operaciones que en él se van a realizar, diferenciando claramente los espacios destinados para las mismas. El problema principal consiste en la distribución de las estanterías a utilizar, y dimensionar los pasillos entre estanterías.

El siguiente esquema representa dos posibles disposiciones de estanterías en un almacén rectangular, para una misma capacidad de almacenaje en superficie:



## INSTALACIONES

**Muelles de carga:** Las primeras variables que es conveniente determinar son la disposición y el número de muelles que se precisan construir.



Se pueden obtener ventajas representativas mediante una correcta programación de la recepción de mercancías. Esta recepción programada convierte el problema de la llegada aleatoria de los camiones al muelle en una labor de

programación de los envíos con llegadas conocidas. En esta situación, el número de muelles a construir dependerá de la necesidad de cubrir los momentos de mayor número de envíos; teniendo en cuenta tanto la posibilidad de tratar la mercancía en los momentos de menor actividad como los requerimientos para responder a cambios bruscos en las peticiones de productos almacenados.

Una vez calculados teóricamente los muelles necesarios, conviene establecer un factor de seguridad para prevenir contingencias inesperadas, como posibles accidentes de los camiones, diferencias importantes en la programación, periodos de gran actividad de (des)carga y previsiones futuras de crecimiento.

Por tanto, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Momentos de trabajo mínimo.
- Momentos de trabajo máximo.
- Posibles accidentes: los muelles constituyen las zonas de los almacenes donde se producen más accidentes.
- Diferencias importantes de programación.
- Previsiones futuras de crecimiento.

Otros aspectos importantes que se deben determinar, según el criterio de la seguridad, son los siguientes:

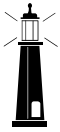
- La iluminación.
- Las diferencias de nivel entre la plataforma del camión y el suelo del muelle, que precisan estar compensadas por una pasarela.

## ESTANTERÍAS

Cualquier sistema de almacenamiento se basa en el uso de estanterías o construcciones, por norma general metálicas, formadas por bastidores, vigas y otros elementos que forman parte de las soluciones aportadas por los fabricantes para adaptarlas al producto y al espacio disponible.

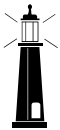
Las diferencias entre los tipos de estanterías están relacionadas con:



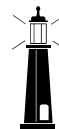


- El peso del material utilizado.
- El proceso de construcción de los componentes.
- La manera como los diferentes componentes se conectan entre sí.

#### *Tipo de estanterías*



- Estanterías ligeras: diseñadas para almacenar objetos de dimensiones reducidas y con un peso por unidad inferior a los 30 kg.
- Estanterías fijas por paletas: diseñadas para almacenar mercancías paletizadas y, por tanto, las operaciones de carga y descarga se llevan a cabo con la ayuda de carretillas o transelevadores.
- Estanterías por paletas: sistema compacto. La característica principal de este tipo de estanterías es que permiten una alta densidad de almacenamiento, puesto que en este sistema no se han diseñado pasillos y, por tanto, se colocan unas paletas detrás de las otras. Los dos sistemas principales utilizados para conseguir el sistema compacto son:
  - Sistemas que permiten que la carretilla entre dentro de las estanterías (drive-in / drive through).
  - Sistemas en los que las paletas se deslizan, por gravedad o por rodillos motorizados, hasta las zonas de salida (sistemas dinámicos).
- Estanterías de pasillo estrecho: estanterías fijas con pasillos que sólo permiten el movimiento de la carretilla que les sirve.
- Estanterías móviles: estanterías convencionales, pero instaladas sobre plataformas rodantes o carriles. Al dejar el espacio de un único pasillo, se consigue el acceso a todas las estanterías con la posibilidad de abrir el pasillo donde se necesite.
- Estanterías móviles de producto a operador: éstas operan bajo el principio de que el producto se mueve hacia el operador y, de este modo, eliminan los desplazamientos. Constituye el sistema ideal para preparar los pedidos.
- Estanterías especiales: se utilizan para almacenar productos de dimensiones irregulares.
- Almacenes de estanterías autoportantes (high bay): en este tipo de almacén, las estanterías, además de sostener las paletas, sustentan el conjunto del edificio, las paredes externas y el techo.



## MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO

Existen diferentes clasificaciones de métodos de almacenamiento dependiendo de diferentes criterios:

### 1. Según su **organización para la ubicación de mercancías**:

- **Almacenamiento ordenado**: Se asigna un único lugar, fijo y predeterminado, a cada producto. Este método de almacenaje presenta las mayores ventajas para controlar las mercancías almacenadas, así como gran facilidad para su manipulación. En contraposición, los inconvenientes más comunes hallados son la baja utilización del almacén, sobre todo cuando el volumen a almacenar presenta variaciones de importancia y que la capacidad de almacenamiento se halla limitada a los espacios previstos.
- **Almacenamiento caótico**: Cuando el almacenaje de las mercancías se realiza de manera que se asignan los espacios a medida que se van recepcionando las mercancías, sin atender a ningún orden predeterminado, se dice que el almacenamiento es caótico. Suele conocerse también por hueco libre.

Aunque no existan ubicaciones predeterminadas, sí se suelen establecer ciertos condicionantes a las reglas de ubicación de los productos, p.ej. razones de seguridad, optimización de recorridos, condiciones climáticas, zonas de mayor rotación, etc.

Los volúmenes huecos deberán tener las dimensiones adecuadas para alojar cualquiera de los productos que puedan recibirse en el almacén.

La principal ventaja de este método es su flexibilidad con mayor aprovechamiento de espacio; pero sacrificando la facilidad de control de las mercancías almacenadas, precisando, por tanto, métodos sofisticados de control.

### 2. Según el **flujo de entrada y salida**:

- Método **FIFO**: En este método, el producto que primero entró en el lugar de almacenaje será, también, el primero en salir de él. Es el método indicado para el almacenaje de artículos perecederos o de rápida caducidad (medicinas, alimentos frescos, etc.).
- Método **LIFO**: Al contrario del método anterior, en éste el producto que entró último será el primero en salir.

Las combinaciones representadas por LILO y FILO significan, respectivamente, los mismos procesos anteriores.

3. Según el **equipamiento utilizado para optimizar el espacio disponible**:
- Método de almacenamiento sin pasillos: Los métodos de almacenaje sin pasillos se obtienen al disponer los productos en bloque, de forma tal que entre ellos no exista espacio alguno.
  - Método de almacenamiento con pasillos: Por el contrario, si las mercancías se disponen de tal forma que dejan un pasillo de separación, de anchura adecuada al equipo de manipulación empleado, se dice que es un almacenaje con pasillos.

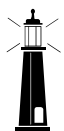
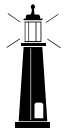
### ZONIFICACIÓN

La disposición de los productos en sus lugares de almacenaje debe obedecer a una solución de compromiso entre los factores que condicionan el funcionamiento óptimo del almacén. Estos factores son:

- Máxima utilización del espacio disponible.
- Minimización de los costes de manipulación.
- Localización de los productos fácil y correcta.
- Facilidad de acceso a los productos almacenados.
- Máxima seguridad, tanto para las mercancías almacenadas como para el personal e instalaciones.
- Facilidad de inventariar las mercancías almacenadas.

De otra parte, las características de los productos también condicionan la distribución de los lugares donde deben ser almacenados. Suelen considerarse varios criterios:

1. **Compatibilidad:** ¿Qué productos pueden estar almacenados unos junto a otros y cuáles no son compatibles?
2. **Complementariedad:** ¿Qué productos pueden ser considerados complementarios debido a que normalmente se piden juntos y, en consecuencia, pueden almacenarse unos junto a otros, como por ejemplo pinturas y pinceles, detergentes y suavizantes, etc.
3. **Rotación:** Los productos tienen diferentes índices de rotación. Conocidos éstos, se pueden minimizar los costes de manipulación situando los productos con mayor movimiento cerca de las zonas de salida, recorriéndose, por tanto, menores distancias.



4. **Tamaño:** Situar las mercancías de pequeño tamaño cerca de los puntos de salida puede minimizar los costes de su manipulación.
5. **Recorridos de distribución mínimos:** Si la preparación de pedidos es muy homogénea y estable, es posible disponer los artículos de forma tal que su extracción se haga teniendo en cuenta el orden de su colocación posterior en los correspondientes puntos de venta, minimizando así los recorridos que deberá efectuar el operario que los coloque. Ello reducirá los tiempos de ocupación, incrementando la calidad del servicio proporcionado.

A pesar de que algún criterio pueda llegar, en ciertos casos, a ser incompatible con otro, se obtienen buenos resultados utilizando una combinación de los mismos. Así pues, es muy útil establecer en primer lugar una clasificación de los artículos atendiendo al criterio de rotación y, dentro de un grupo con similar índice de rotación, aplicar criterios de complementariedad y de tamaño; aunque considerando siempre las posibles incompatibilidades entre artículos que pudieran presentarse.

Del análisis del conjunto de artículos a almacenar, bajo los criterios anteriores debe obtenerse las zonas más idóneas para ubicar cada uno de ellos.

### *Zonificación ABC*

El factor que condiciona de forma muy elevada los costes de manipulación dentro de un almacén es el de los recorridos que es preciso hacer para recoger los artículos de sus lugares de almacenamiento. Estos costes se pueden reducir situando los productos con mayor movimiento en el almacén cerca de las zonas de salida, con lo que los recorridos son menores.

La clasificación ABC es un instrumento eficaz para abordar la solución a los problemas de ubicación de los productos en función de sus índices de ventas.

Si se construye una tabla en la que se indiquen las salidas de cada artículo durante un periodo determinado (por ejemplo mensuales o anuales) y se ordenan de mayor a menor, calculando los porcentajes acumulados que representan, se podrá observar que:

- Una pequeña fracción de artículos posee un elevado porcentaje de salidas.
- Mientras que, en el otro extremo, otro grupo muy numeroso de artículos posee un reducido porcentaje de salidas.

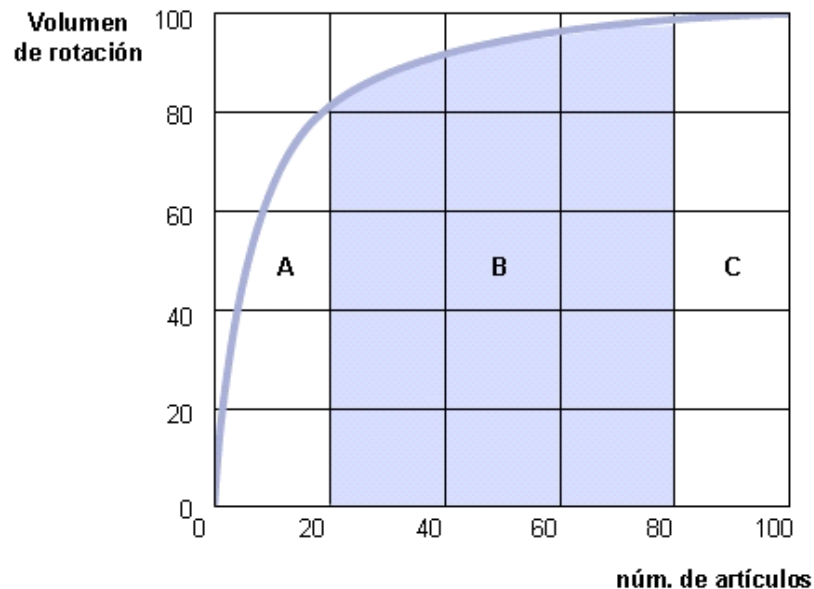


Esta situación que suele ser normal en la distribución comercial, se conoce por la regla 80/20, que destaca el hecho de que: "el 20% de las referencias generan el 80% de las ventas". Esta característica sugiere la clasificación de los artículos en tres categorías A, B, y C.

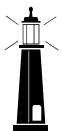


	% Artículos	% Salidas
Clase A	20	80
Clase B	30	15
Clase C	50	5

Si se dibuja en una gráfica el porcentaje acumulado de salidas en relación con el porcentaje acumulado de artículos, se obtiene la llamada curva de Pareto.



Atendiendo a esta clasificación de artículos, conviene dividir el almacén en zonas diferenciadas, de tal forma que cada una responda óptimamente a las características de los artículos allí ubicados.



- **Zona de productos A:** Puesto que la principal característica de los artículos de esta clase es su elevado número de pedidos, es primordial disponer para ellos una zona de máxima accesibilidad y muy cercana a la zona de expedición de los pedidos. Si la naturaleza de los artículos lo permite, es muy indicado almacenarlos en bloque o utilizando algún sistema compacto.
- **Zona de productos B:** El principal problema ligado a esta clase de artículos es que poseen un índice de salida medio, pero que afecta a un volumen considerable de referencias (30-50%).

A ellos habrá que dedicarles una zona del almacén con un elevado grado de accesibilidad a las cargas individuales. Para alcanzar ese grado de accesibilidad, se suelen almacenar en estanterías móviles o convencionales atendidas con carretillas elevadoras de gran flexibilidad.

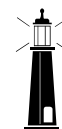
- **Zona de productos C:** Los artículos de esta clase tienen la peculiaridad de que sus pedidos son escasos. Como además la cantidad de referencias es muy elevada (60% - 80%), obliga a dedicar a ellos gran parte del volumen del almacén. Estos productos se almacenarán en zonas de accesibilidad normal y que no dificulten las operaciones habituales del almacén.

## UBICACIONES

Se conocen por ubicaciones aquellos lugares destinados a alojar temporalmente los artículos o unidades de carga. Cada ubicación de un almacén debe estar claramente identificada de tal forma que exista un código para cada ubicación y que cada ubicación posea su código.

En el caso más habitual de utilización de estanterías, suele adoptarse un sistema de codificación compuesto por letras y/o cifras para identificar cada ubicación posible:

- Si una empresa posee varios almacenes, uno o dos dígitos/letras serán suficientes para identificar cada uno de ellos.
- Si un almacén está dividido en diversas zonas, cada una de ellas deberá tener letras o dígitos que las identifiquen.



### *Sistemas de ubicación de mercancías*

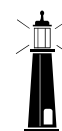
A continuación, se citan y describen brevemente algunas normas para la definición de un sistema de ubicación de productos:

- Por estantería:

A cada estantería se le asigna un número correlativo.

La profundidad de la estantería se identifica con números correlativos iniciándose en la cabecera de la misma.

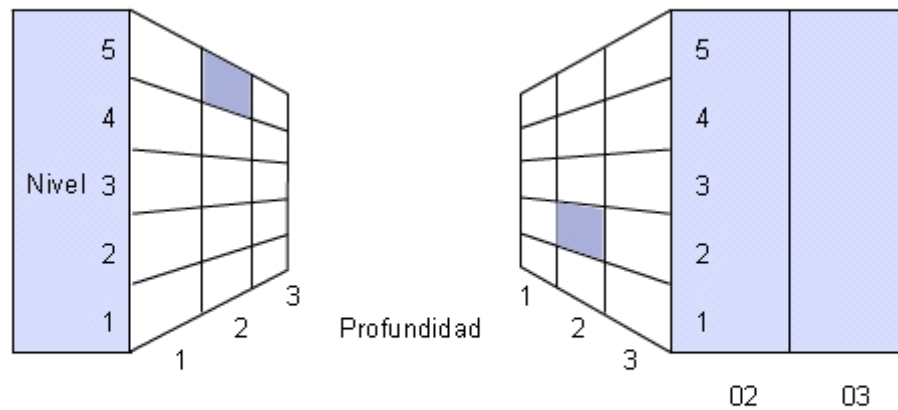
La identificación del nivel también se realiza con números correlativos, siendo lo más frecuente iniciar la numeración en el nivel inferior, aunque se pueden numerar los niveles según la rotación del producto.



La codificación por estanterías suele utilizarse cuando los aparatos de mantenimiento pueden realizar recorridos de ida y vuelta, trabajando primero sobre una estantería y luego sobre la otra del mismo pasillo.

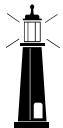
Cuando se emplea la codificación de estanterías, el sistema de ubicación se denomina ubicación lineal.

**Codificación por estanterías**  
**Ubicación lineal**

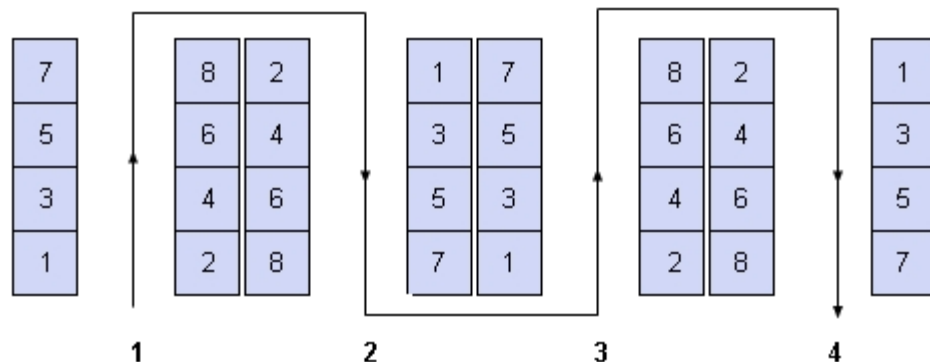


Esteranterías 01, 02, 03, ...  
Profundidad 1, 2, 3, ...  
Nivel 1, 2, 3, 4, 5.

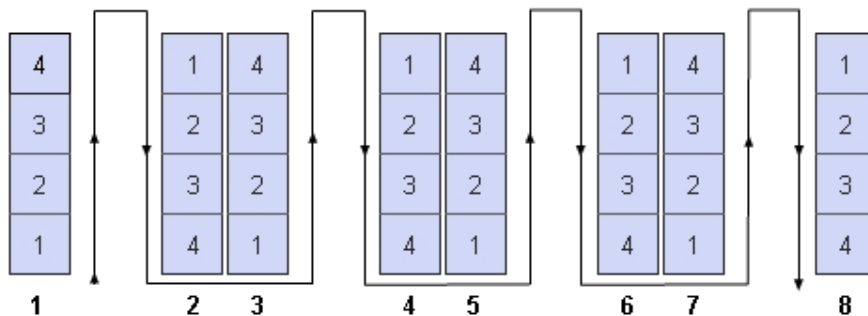
■ 01, 2, 5  
■ 02, 2, 2



- Por pasillos:  
A cada pasillo se le asigna un número correlativo.



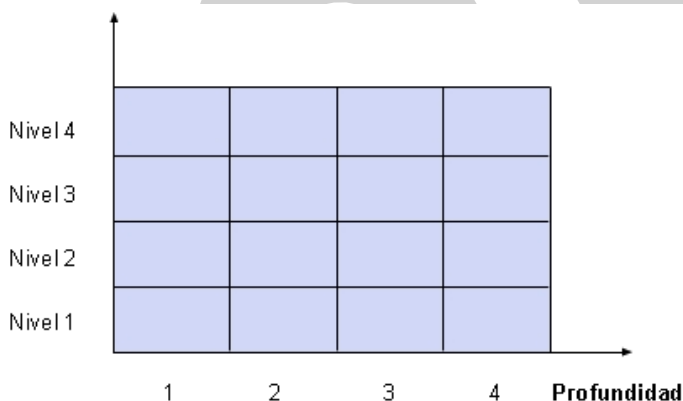
Cada pasillo sólo puede ser recorrido en un solo sentido, alternando el sentido ascendente con el descendente de forma que así se alcance todo el almacén.



La profundidad de cada estantería se numera en el sentido ascendente de circulación, asignando:

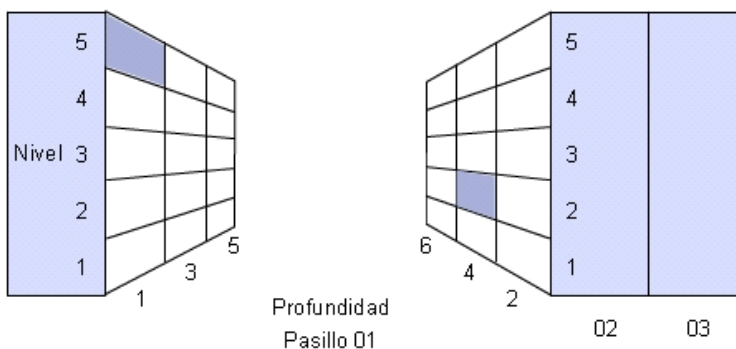
- Números pares a la derecha.
- Números impares a la izquierda, y en el pasillo siguiente se empieza la numeración por el otro extremo.

La identificación del nivel se hará en ambos casos como muestra el gráfico:



Cuando se emplea la codificación por pasillos, el sistema de ubicación se denomina ubicación peine.

**Codificación por pasillos  
Ubicación peine**



Pasillo 01, 02, 03, ...	}	01, 01, 05
Profundidad 1, 2, 3, ...		01, 04, 02
Nivel 1, 2, 3, ...		





Con los dos métodos descritos podemos definir unívocamente con tres coordenadas cualquier ubicación dentro del almacén.

En ambos métodos, la identificación de las ubicaciones viene dada por el siguiente vector: <A, B, C, D>

Donde:

A: indica la zona del almacén.

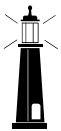
B: indica la estantería o pasillo.

C: indica la profundidad.

D: indica el nivel de la estantería.

### *Gestión de las ubicaciones*

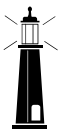
La gestión de ubicaciones debe ser controlada mediante fichas. En el mercado se pueden encontrar sistemas informáticos específicos para la gestión de ubicaciones. Se considerarán dos formas de gestionar las ubicaciones:



- A priori: Se sigue un procedimiento que consta de cuatro puntos:
  - Consulta de ubicaciones vacías a la llegada del producto.
  - Según unos condicionantes preestablecidos, se asigna al producto la ubicación más conveniente.
  - Ubicación física del producto.
  - Anular la ubicación recientemente ocupada de la relación de vacías.
- A posteriori: En este caso el procedimiento seguido es distinto:
  - Se accede al almacén con el producto a ubicar.
  - Según unas premisas previamente establecidas se ubica el producto en la zona más conveniente.
  - Se anota la ubicación de este producto almacenado.

### *Ubicación de los productos*

Con la finalidad de acortar los recorridos en el momento de preparar los pedidos, los productos deben ubicarse en el almacén de forma que los que tengan mayor movimiento estén más cerca de la zona de expediciones.



Para ello, es necesario clasificar los productos según un ABC de ventas, aunque esta clasificación también podría hacerse atendiendo a:

- Los artículos de igual estacionalidad de ventas.
- Ventas de la familia a la que pertenecen.
- Ventas por tipo de producto.
- Ventas por modelo.

Para el dimensionado de huecos necesarios, se utilizan cálculos en los que se tiene en cuenta:

- Número de unidades que salen del almacén.
- Stock total.
- Stock de picking.
- Capacidades de los huecos.
- Etc.

## 6.5. OPERADORES LOGÍSTICOS

Las empresas se plantean a menudo la posibilidad de recurrir a la figura de algún especialista externo para gestionar una parte de la cadena logística; de este modo, las empresas se concentran en las actividades de fabricación. Estos especialistas son los denominados operadores logísticos, que ofrecen un amplio abanico de servicios: desde la gestión de los aprovisionamientos hasta el almacenamiento y la gestión de stocks (acoplamiento, picking, etiquetado, envasado, etc...) o el transporte de las mercancías; es decir, evidentemente, la figura del operador logístico va mucho más allá de ser sólo un transportista.

Las principales ventajas señaladas por las empresas para justificar esta subcontratación de servicios son, básicamente, las siguientes:

1. La posibilidad de sustituir parte de los costes fijos por costes variables.
2. Se pueden obtener mejoras de los costes debidas sobre todo a efectos sinérgicos como, por ejemplo, el hecho de poder compartir recursos con otras empresas clientes del operador.
3. Su contratación permite obtener servicios de gran calidad, gracias al hecho de que les ofrece un personal especializado que pone a disposición de la empresa toda su experiencia.



# 7 GLOSARIO

- **Algoritmo de Stepping-Stone:** Algoritmo para determinar las mejores rutas de envío de pedidos desde diferentes orígenes hasta distintos destinos, con un coste total de transporte mínimo.
- **Almacén automático:** Tipo de almacén con una alta presencia de equipos automatizados que sustituyen al ser humano en tareas habituales.
- **Aprovisionamiento:** Conjunto de operaciones encaminadas a la obtención de factores determinados, destinados al proceso productivo y a su posterior suministro en el momento y las condiciones adecuados.
- **Centrales integradas de mercancías:** Plataforma logística en la que se llevan a cabo fundamentalmente operaciones de intercambio monomodal. Sigla: CIM
- **Ciclo del pedido (lead-time):** Periodo de tiempo transcurrido desde que se recibe un pedido hasta que se entrega al solicitante.
- **CIM:** Ver centrales integradas de mercancías.
- **EDI:** Ver electronic data interchange
- **Electronic data interchange** (intercambio electrónico de datos) Sistema de transmisión de documentos entre empresas mediante el ordenador. Sigla: EDI
- **Handling:** Sistemas de manipulación de materiales y productos.
- **Inventario:** Cantidad de producto (materias primas, productos en curso o productos acabados) que está en los almacenes de la empresa, destinado a ser utilizado en el proceso productivo o vendido. sin.: stock
- **Logística de aprovisionamiento:** Actividades encargadas de hacer llegar los productos a los consumidores.
- **Logística de distribución:** Actividades encargadas de hacer llegar los productos a los consumidores.
- **Logística de producción:** Actividades encargadas de organizar adecuadamente el proceso productivo y de poner sus outputs a disposición del sistema de distribución.

- **Logística integral:** Proceso que engloba todas las actividades necesarias para la obtención, el traslado y el almacenamiento de materiales y productos, desde la adquisición de los factores productivos hasta el consumo y el reciclaje posterior o la destrucción de los productos.
- **Multimodalidad:** Combinación de diferentes medios de transporte.
- **Operador logístico:** Especialista en la realización de las actividades propias de la cadena logística, a quien recurren las empresas para contratar sus servicios.
- **Picking:** Preparación de un pedido para un cliente.
- **Plan logístico:** Planificación estratégica del movimiento del producto a lo largo de toda la cadena logística, desde el proveedor hasta el consumidor final.
- **Puerto seco:** Terminal ferroviaria de un puerto que consigue su “prolongación” tierra adentro.
- **Outsourcing:** Ved subcontratación
- **QR:** Ved Quick Response Quick Response Ved Respuesta rápida Sigla: QR respuesta rápida. Utilización de las tecnologías de la información para la obtención de datos sobre la demanda (si es posible, en tiempo real), que permitan conseguir que la organización reaccione rápidamente. sin.: Quick Response
- **Ruptura de stock:** Hecho de quedarse sin cualquier tipo de stock, ya sea de materias primas, productos semielaborados o productos en curso.
- **Subcontratación:** Acuerdo mediante el que una empresa encarga a otra la realización de actividades productivas determinadas.
- **Sin.:** outsourcing
- **Ventaja competitiva:** Característica de la empresa que la diferencia del resto y la coloca en una mejor posición en el momento de competir.
- **ZAL:** Ved zona de actividades logísticas.
- **Zona de actividades logísticas:** Espacio en el que se llevan a cabo operaciones de cambio modal y se ofrece una serie de servicios especializados en diferentes aspectos de la logística empresarial. sigla: ZAL

# 8 BIBLIOGRAFÍA

Las referencias bibliográficas en las que se basa la documentación son las siguientes:

- Bibliografía Básica:
  - **UOC – Universidad Oberta Catalunya.** Administración y dirección de empresas. Logística Empresarial. José M. Castán Farrero, Laura Guittart Tarrés y Ana Núñez Carballosa.
  - **AECOC (1993)** Manual de logística para la distribución comercial. Madrid.
  - **Arbonés, E. (1990).** Logística empresarial. Barcelona: Marcombo (Productiva).
  - **Ballou, R.H. (1991).** Logística empresarial. Control y planificación. Madrid: Díaz de Santos.
  - **Christopher, M. (1994).** Logística y aprovisionamiento. Barcelona: Folio (Biblioteca de Empresa).
- Bibliografía complementaria:
  - **Benaroya, J.M. (1993).** “Ventajas del compromiso con los proveedores”. *Manutención y Almacenaje* (núm. 281, diciembre, pág. 31-33).
  - **Domínguez Machuca, J.A. y otros. (1994).** Dirección de operaciones. Aspectos tácticos operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill.
  - **Farrán, J. (1996).** Distribución y logística. Navarra: IESE / Ediciones Universidad de Navarra.
  - **Roux, M. (1997).** Manual de logística para la gestión de almacenes. Barcelona: Gestión 2000.
  - **Soret, I. (1994).** Logística comercial y empresarial. Madrid: ESIC.
  - **West, A. (1991).** Gestión de la distribución comercial. Concepto de distribución total. Madrid: Díaz de Santos.

# GESTIÓN DE OPERACIONES

# 1 INTRODUCCIÓN



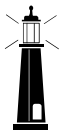
La **logística empresarial** comprende la planificación, la organización y el control de todas las actividades relacionadas con la obtención, el traslado y el almacenamiento de materiales y productos, desde la adquisición hasta el consumo, por medio de y la organización como un sistema integrado. El objetivo que quiere conseguir es satisfacer las necesidades y los requerimientos de la demanda de la manera más eficaz y con el mínimo coste posible. Asimismo, la logística incluye lo que hace referencia a los flujos de información aplicada.



La **dirección de operaciones** se incluye en un marco más general, que es la organización de la empresa a la que pertenece y, para comprender su papel desde el punto de vista global, hay que considerar su posición dentro del esquema definido por los tres niveles tradicionales de decisión: el estratégico, el táctico y el operativo; la dirección de operaciones ocuparía el nivel táctico, en el cual, de acuerdo con los objetivos fijados por la alta dirección (estrategia), hay que utilizar los recursos del sistema físico (operativo) de la mejor manera posible.

El concepto de operación implica las actividades necesarias para realizar económicamente la producción. Es decir, se trata de determinar qué es lo que hay que producir, cuándo y qué cantidad, con qué medios, etc., además de las acciones oportunas para que estas decisiones se lleven a cabo y pueda hacerse un control posterior.

Para conseguir su objetivo básico, hacen falta diferentes actividades o funciones, divididas en dos grupos:



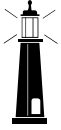
- **Núcleo de la dirección de operaciones:**

- **Previsión de la demanda:** el objetivo principal es conseguir entregar a los clientes los productos que adquieren y, por lo tanto, hay que tener disponibles estos productos en el momento en que se produzca la demanda. Para conseguirlo, es conveniente tener información de cómo será esta demanda con suficiente anticipación; para eso es necesaria una previsión de la demanda.
- **Planificación:** una vez sepamos lo que hay que entregar, tenemos que prever cómo podemos actuar para aprovechar al máximo los puntos fuertes del sistema productivo y cómo podemos superar los puntos débiles; éste es el objetivo de la planificación, que se acostumbra a dividir en dos fases: agregada y detallada.

- **Gestión de stocks:** según lo que hayamos planificado, los flujos de materiales generarán unas reservas, cuya gestión debe ser optimizada; por lo tanto, hay que estudiar los niveles apropiados, controlar los que efectivamente hay y registrar adecuadamente los movimientos físicos de los materiales. El conjunto de todo esto se llama gestión de stocks.
- **Cálculo de necesidades:** según la gestión de stocks establecida y los resultados de la planificación, se crearán unas necesidades, tanto de materiales como de otros recursos de producción, de los que también hay que optimizar la gestión. Para eso hay un cálculo de necesidades. Este texto profundizará en los conceptos relativos al cálculo de necesidades.
- **Programación:** el resultado del cálculo de necesidades es un conjunto de órdenes de trabajo concretas que se tienen que ejecutar en el sistema productivo; pero todavía hay numerosos detalles que se deben estudiar y decidir para optimizar el uso del sistema, fundamentalmente problemas de secuenciación y de determinación de calendarios concretos, que impliquen la asignación de recursos concretos a trabajos determinados: esto es la programación.
- **Lanzamiento:** una vez programadas las órdenes de producción, hay que comunicar al sistema productivo qué tiene que hacer; se trata, por lo tanto, de ordenar la ejecución. Esto se conoce como lanzamiento de la producción.
- **Control de producción:** dirigir nunca es una actividad unidireccional. Es necesario un feedback que dé a los responsables de la dirección de operaciones la información necesaria para adecuar las sucesivas decisiones a las nuevas circunstancias. No es posible planificar, gestionar los stocks, programar, etc. sin saber qué está pasando realmente en el interior del sistema productivo. Es necesario, pues, recoger la información sobre lo que se ha hecho, cuál es el estado de las órdenes no acabadas, los niveles de stock, el consumo de recursos de toda clase, las incidencias que ha habido, y muchos otros aspectos de la realidad. Además, no hay suficiente con recoger la información: hay que evaluarla y hay que tomar medidas correctivas convenientes. Todo esto constituye el control de la producción.

Estas partes constituyen lo que podemos llamar el núcleo de la dirección de operaciones. Pero la gestión del sistema productivo requiere también otras actividades que se pueden considerar, en cierto modo, al margen de la gestión diaria, aunque en absoluto son menos importantes que las anteriores.



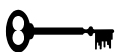


▪ **Funciones adicionales:**

- **Diseño del sistema:** el sistema productivo no es estático. Por múltiples razones se producen en él cambios continuos que se tienen que prever, estudiar y planificar. Dentro de este paquete, que hemos llamado de diseño del sistema, se incluyen los estudios de métodos y tiempo, los problemas de renovación y de fiabilidad, de distribución en planta, de localización, etc.
- **Mantenimiento:** el sistema productivo, en su estado actual, se compone de máquinas e instalaciones, cuya disponibilidad debe asegurarse durante el máximo tiempo posible. Éste es el objetivo del mantenimiento, que incluye el estudio de las técnicas para la determinación de las acciones que se deben realizar para asegurar esta disponibilidad sin incurrir en unos costes excesivos. El mantenimiento pretende, aparte de comprobar el buen estado de las máquinas, estudiar formas alternativas para continuar manteniendo la misma producción a un coste menor, o bien intentar incrementar la producción con el mismo coste (o que éste sea en una proporción inferior a la actual). Así, busca optimizar la producción.
- **Calidad:** los clientes esperan que los productos que les entregamos cumplan unas especificaciones determinadas. Esto significa que debemos estar suficientemente seguros de que los productos que salen de nuestro sistema productivo las cumplen, si no en todas las unidades y todas las especificaciones, sí al menos en una proporción suficiente (y no entraremos a discutir ahora qué quiere decir suficiente). Esto se llama control de calidad. Por otro lado, hay que emprender acciones oportunas para asegurar que esta proporción tiende a aumentar y que los costes derivados de este aumento no crezcan más de la cuenta, es decir, se requiere una función de gestión de la calidad. Es habitual englobar estas dos funciones bajo el título único de calidad.

La importancia de la función calidad, varía notablemente según si la economía está en una época de expansión o de recesión. Es curioso observar cómo en una época de expansión la gente, en general, busca una calidad superior aunque sea a un precio más alto, mientras que si hay crisis se busca, en general, un precio más bajo, aunque éste sea a costa de una calidad inferior. De acuerdo con este hecho, la empresa decidirá qué tipo de control de calidad se hace: más estricto o más benévolo.

## PRODUCCIÓN Y OPERACIONES

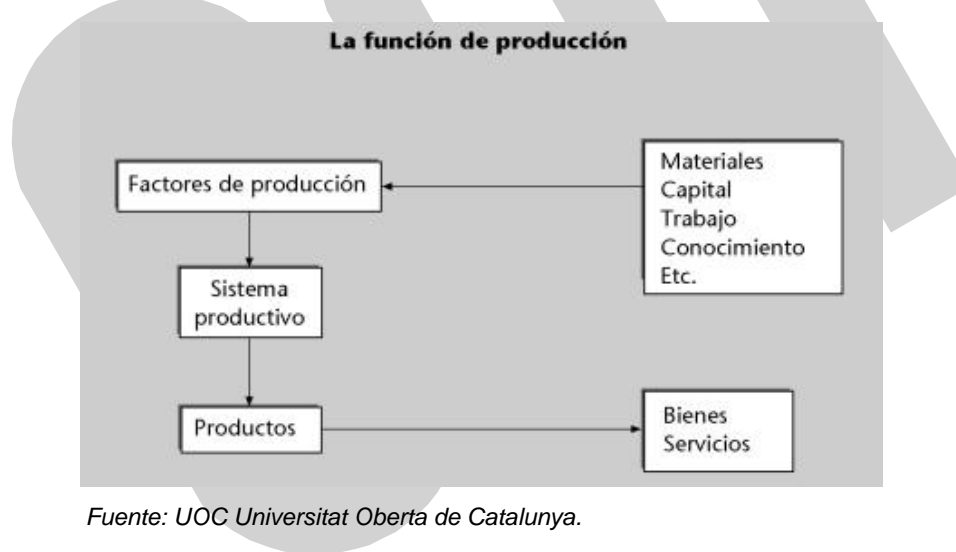


Se entiende por producción el proceso según el cual unos materiales se transforman en otros. Se trata, pues, de un concepto relacionado al de transformación. Esta transformación se puede entender de manera estricta, limita-

da a transformaciones físicas (manufactura), o bien de manera amplia, incluyendo transformaciones de lugar (transporte), de utilidad (servicios) o de otro tipo, pero, en todo caso, implica la creación de algo que antes no existía como tal y que tiene una utilidad mayor. Se puede tratar de una cosa material (bienes) o inmaterial (servicios) y su creación durante el proceso productivo implica el consumo de otros recursos (materias primas, mano de obra, energía, horas de máquina, etc.) que desaparecen en el proceso.

El concepto de **operación implica las actividades necesarias para realizar económicamente la producción**. Es decir, se trata de determinar qué es lo que hay que producir, cuándo y qué cantidad, con qué medios, etc..., además de las acciones oportunas para que estas decisiones se lleven a cabo y pueda hacerse un control posterior.

Un sistema productivo, en sentido amplio, es un sistema que, a partir de unas entradas que denominamos factores de la producción (materiales, recursos, mano de obra, saber trabajar, capital), genera unas salidas que genéricamente denominamos productos, de mayor valor que las entradas y por los que el sistema, o la empresa que lo sostiene, obtiene unos beneficios.



A diferencia de las empresas de servicios, en las que el resultado del sistema productivo no tiene por qué tener consistencia física, en las industrias de manufactura el producto es una entidad material, unos bienes fabricados a partir de una serie de elementos o materiales que, a lo largo del proceso productivo y mediante diferentes transformaciones, han modificado su estado hasta convertirse en los productos acabados.


La principal finalidad de las empresas de manufactura es este proceso de transformación; las otras funciones de la empresa (financiera, comercial, de



recursos humanos, etc.) sirven de apoyo a la función productiva. Por lo tanto, **la planificación, la gestión y el control correctos de este proceso son de una importancia capital**, no ya como instrumentos de competitividad, sino como elementos de supervivencia de la empresa.

Quienquiera que haya estado en una empresa de fabricación, ya sea como empleado o simplemente como visitante, debe haber percibido que se encuentra ante un sistema extremadamente complejo, cuyo funcionamiento depende de centenares o miles de decisiones elementales (asignación de órdenes de trabajo, aprovisionamientos, movimientos de materiales, órdenes de fabricación, etc.) que se generan a partir del tratamiento y del análisis de miles de datos (productos que se deben fabricar, material almacenado, datos de producción, información sobre los productos, etc.). Estas decisiones responden a objetivos diversos y en muchos casos contradictorios (entrega a los clientes dentro de unos plazos, minimización de los costes de fabricación, reducción de stocks, optimización del uso de recursos y de mano de obra, respuesta a las expectativas del personal, etc.).

## DIFICULTADES DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

- 
1. Imprecisión de las previsiones comerciales (intrínseca a la naturaleza de las previsiones).
  2. Enfrentamiento con hechos aleatorios (fluctuaciones de la demanda, averías, retrasos en los aprovisionamientos, absentismo laboral, etc...).
  3. Gran volumen de datos que hay que recoger (pedidos de los clientes, artículos, movimientos de stocks, datos de producción, órdenes de fabricación, etc...).
  4. Reducción de los plazos de entrega de los productos, cosa que requiere una respuesta rápida del sistema productivo.
  5. Aumento de la oferta de productos con más variabilidad y personalización.

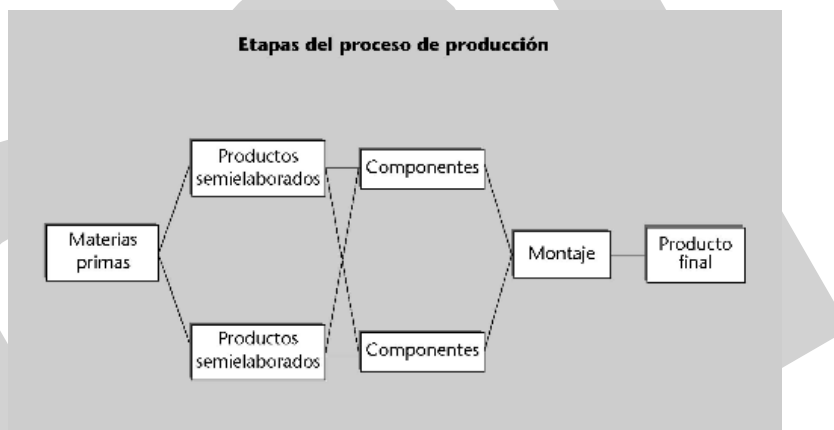
Es evidente que todo este sistema necesita un instrumento que permita coordinar el gran volumen de información que genera y que, a la vez, la alimenta, y transformar las decisiones de la alta dirección de la empresa en órdenes concretas que puedan ser asumidas por el proceso productivo.

## LA GESTIÓN DE MATERIALES DENTRO DE LAS DECISIONES DE LA EMPRESA

Un sistema de gestión de la producción tiene como finalidad el control de un proceso de producción de empresas del entorno de fabricación, proceso que en general se desarrolla en etapas diversas y complejas: primero, unas materias primas se transforman en productos semielaborados; después la unión de varios de estos productos puede generar componentes y, finalmente, el montaje de estos componentes puede permitir la obtención del producto final.

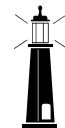


La gestión de la producción debe facilitar a la empresa la administración –de acuerdo con las previsiones y los sucesos futuros– de los recursos disponibles y definir las necesidades de recursos que habrá, así como emprender las acciones necesarias para obtenerlos.



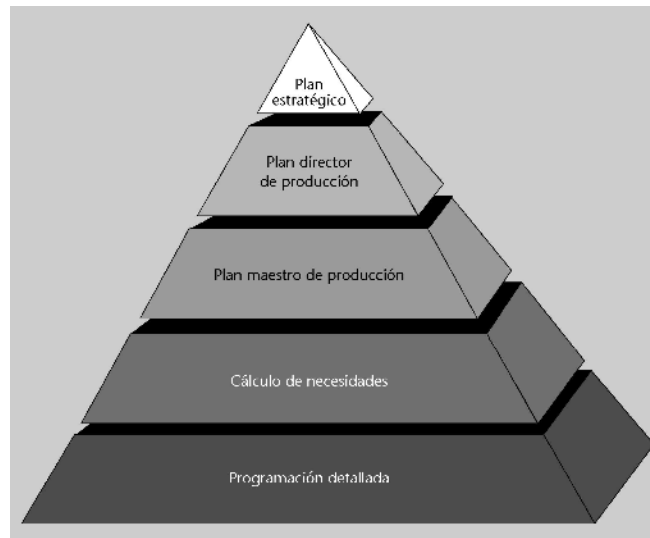
*Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.*

En general, la gestión de la producción actúa en dos fases. Primeramente se define qué materiales, componentes o semielaborados son necesarios, en qué momento hacen falta, en qué cantidad y en qué lugar. A continuación se calculan las necesidades de los diferentes recursos de producción (básicamente mano de obra y maquinaria) que se necesitan para llevar a cabo el programa de fabricación determinado en la fase anterior.



La pirámide muestra, de forma muy esquemática, los diferentes niveles de planificación dentro de una empresa, desde la planificación estratégica hasta la programación detallada. La gestión de materiales comprende una serie de decisiones a las que podemos situar dentro de esta pirámide alrededor del cálculo de necesidades y que veremos detalladamente más adelante, pero que también puede comprender parte de la elaboración del plan maestro de producción o de la programación detallada. En todo caso se puede ver que la

gestión de materiales es una fase intermedia entre las decisiones tomadas por la alta dirección a largo plazo (plan estratégico, plan director de producción) y las decisiones operativas que actúan directamente sobre el proceso productivo.



*Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.*

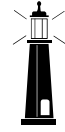
En este módulo se analizarán dos procedimientos básicos para comprender el funcionamiento de un sistema de gestión de la producción y los problemas y las necesidades que presenta. Se analizará el cálculo de necesidades mediante el procedimiento MRP y se verá el JIT, o más concretamente su sistema de información kanban, como ejemplo de un método que se puede situar a caballo entre la gestión de materiales y la programación detallada.

## ALGUNOS MODELOS REPRESENTATIVOS DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Un modelo de gestión de la producción es una representación conceptual del funcionamiento del sistema productivo que nos ayuda a controlarlo y a dirigirlo.

En las empresas hay varios modelos de gestión de la producción, y no se puede decir que uno sea mejor que otro: cada uno se adapta mejor a un cierto tipo de problemas y a sistemas productivos con determinadas características, de modo que no se puede hablar de una solución universal en lo que se refiere a gestión de producción.

De hecho, la aplicación de cada modelo en concreto difiere de una empresa a otra ya que, si bien cada modelo tiene unos conceptos generales que son comunes a la mayoría de aplicaciones que los sustentan, las características concretas de cada sector industrial y de cada sistema productivo en concreto requieren una particularización del modelo para adaptarlo a las necesidades concretas del sistema.



Además, en la práctica generalmente no se aplican en estado puro, sino que las implantaciones, aun estando basadas en uno de los modelos, suelen tener características de los otros, cosa que les ayuda a adaptarse a los problemas concretos.

Algunos ejemplos de modelos usuales en la industria son los siguientes:

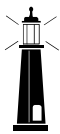
1. MRP: la planificación de las necesidades de materiales (MRP: materials requirement planning).
2. MRPII: la planificación de los recursos de fabricación (MRP II: manufacturing resource planning).
3. JIT: Just-in-Time.
4. TOC: Teoría de las limitaciones (TOC: theory of constraints).
5. PERT: el método PERT es quizá el más conocido de una familia de métodos como los CPM, ROY, GERT, VERT, MCX; etc., que están basados en la aplicación de la teoría de grafos para la planificación, la programación y el control de proyectos.

# 2 LA INFORMACIÓN QUE SE NECESITA PARA LA GESTIÓN DE UN SISTEMA PRODUCTIVO

Ya se ha comentado la importancia de la gestión de la producción como coordinadora del gran volumen de datos que se genera en el sistema productivo. Una primera inquietud que nos puede aparecer es en qué consiste esta información.

Si quisiéramos gestionar o dirigir el funcionamiento de un proceso productivo, lo primero que tendríamos que hacer es tomar la decisión sobre qué debe producir este sistema o, en otras palabras, cuáles y cuántos productos se tienen que fabricar. Para poder tomar esta decisión, que como podéis imaginar es clave con vistas al éxito de nuestro negocio, necesitaremos datos sobre lo que la dirección de la empresa, a partir de las previsiones de ventas y de los pedidos existentes de los clientes, prevé que se **tendrá** que fabricar en un horizonte determinado.

Las preguntas	Las respuestas
¿Qué productos queremos fabricar?	Plan maestro de producción
¿Los tenemos o hay que producirlos?	Stocks o inventarios
¿De qué se componen estos productos?	Lista de materiales
¿Cómo se fabrican estas partes?	Rutas de fabricación



Una vez determinado el qué, podremos interesarnos por el cómo se fabrican estos productos: tenemos que saber de qué elementos o materiales se componen los productos finales y cuál es el proceso de transformación que experimentan. Si ya hemos identificado todas estas cuestiones, una última pregunta sería de dónde podemos sacar los diferentes materiales (o más sencillamente, saber si los tenemos o bien si tenemos que comprarlos o fabricarlos).



La obtención de la información necesaria para poder realizar una correcta gestión de la producción implica un gran esfuerzo, ya que:

- Mucha de esta información presenta un cierto grado de incertidumbre: las previsiones comerciales o de ventas, es decir, cuáles y cuántos productos esperamos vender durante los próximos periodos de tiempo, son imprecis-



sas (característica intrínseca a la naturaleza de las previsiones); no se sabe de forma concreta la cantidad de productos defectuosos que fabricamos, el contenido de nuestros almacenes puede no estar actualizado en tiempo real, etc.

- El volumen de información que hay que procesar puede ser enorme: pedidos de clientes, movimientos de material de almacén, previsiones comerciales, productos y componentes, centros de trabajo, órdenes de producción, compras de materiales, etc. Esta información, además, es generada y utilizada por diferentes departamentos y esto hace que la coordinación sea compleja.
- Hay que afrontar de manera rápida y eficaz las situaciones y los hechos imprevistos o aleatorios: como retrasos en las entregas de los proveedores, absentismo laboral, averías del sistema, rechazo de productos, etc., muchos de los cuales no quedan reflejados en el sistema informático.
- La información es generada por diversos departamentos: esto les obliga a mantener un grado elevado de coordinación para evitar ambigüedades, duplicidades y errores en la información.

A continuación comentaremos con más detalle las fuentes de información de un sistema de gestión de la producción que básicamente son:

- El plan maestro de producción
- La estructura del producto
- El estado de los stocks
- Las rutas de producción

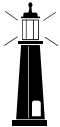
## 2.1. ¿QUÉ SE QUIERE FABRICAR? EL PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN

De manera muy esquemática, un plan maestro de producción (MPS: Master Plan Scheduling) no es nada más que la definición de las cantidades y las fechas en que han de estar disponibles para la distribución los productos de demanda externa de la empresa, es decir, aquellos productos finales que se entregan a los clientes, entendiendo el término producto final en un sentido amplio, ya que los clientes pueden ser tanto el consumidor último como otra empresa que utilice nuestro producto como componente dentro de su sistema de fabricación.





En general, el plan maestro adopta una forma similar a la de la tabla siguiente, donde se indica, para cada uno de los productos finales que se fabrican (en este caso silla grande, silla pequeña, mesa o armario) las cantidades que hay que producir durante cada uno de los periodos siguientes (en este caso, durante las próximas doce semanas)



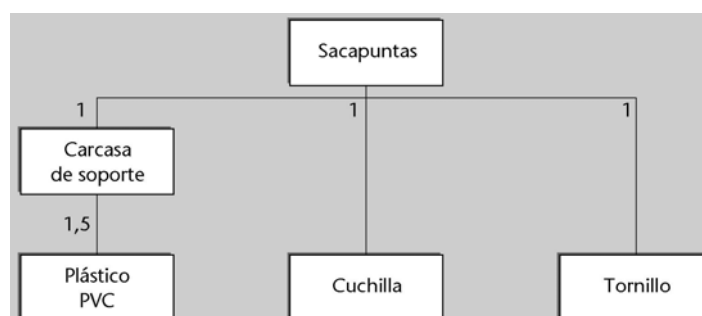
		SEMANA											
Código	Designación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CA1	Silla grande	323	356	25	330	289	256	232	354	267	392	350	342
CA2	Silla pequeña	720	810	40	840	760	710	680	890	690	920	860	820
TA1	Mesa	65	73	2	71	64	59	54	79	69	73	73	72
AR1	Armario	43	4	47	51	43	40	38	48	56	63	47	44

Normalmente, el plan maestro de producción abarca un horizonte de entre 4 y 6 meses y se renueva semanal o quincenalmente. Se realiza a partir de la planificación a largo plazo de la empresa (plan director), sobre la base de las previsiones de ventas y de los pedidos (en firme y pendientes de confirmar) de los clientes.

## 2.2. ¿CÓMO SE DEBE FABRICAR? LA ESTRUCTURA DEL PRODUCTO O LISTA DE MATERIALES

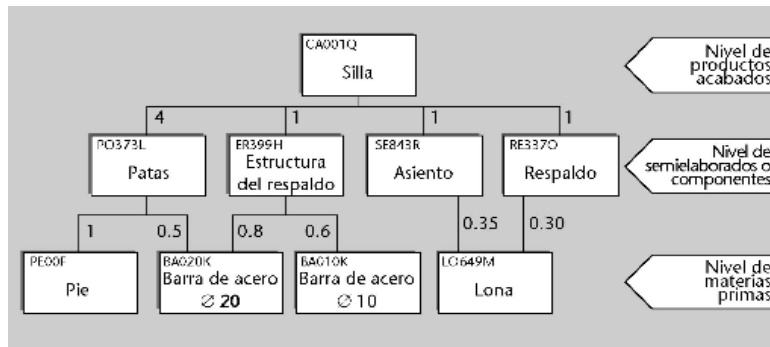
La gran mayoría de productos que podemos encontrar en nuestro entorno están formados por diferentes partes, componentes o materiales. Si cogemos uno cualquiera, por ejemplo, un simple sacapuntas de lápiz, podemos ver que está formado por tres elementos: una cuchilla, un soporte o carcasa y un tornillo que sujeta la cuchilla a la carcasa; a su vez, el soporte está fabricado a partir de una cierta cantidad de material plástico y los elementos metálicos, a partir de una aleación determinada.

Los diferentes elementos que forman un producto y la manera como se van combinando en el proceso de fabricación componen la lista de materiales, que se puede representar en forma de árbol, tal como muestra la figura.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

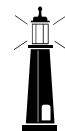
Denominaremos lista de materiales (BOM: Bill of Materials) a una lista completa y precisa de todos los componentes y materiales necesarios para la fabricación de un producto final. Denominaremos artículo a cada uno de estos componentes, elementos o productos que aparecen dentro de la estructura del producto. La representación arborescente del sacapuntas sería una manera gráfica de representar una lista de materiales.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

Según el entorno productivo en que nos movamos, esta lista puede recibir diferentes nombres como la lista de componentes, fórmulas, especificaciones, etc.

Si analizamos la figura anterior, que muestra una lista de materiales algo más compleja, podemos detectar alguna de las características que debe tener una lista de materiales:



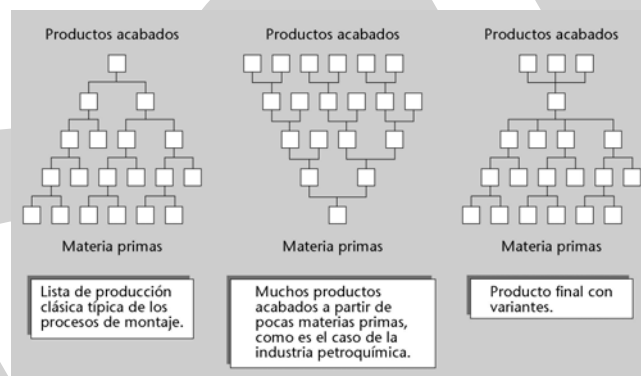
- En primer lugar, podemos ver que la estructura contiene diferentes niveles: cada cambio de un nivel inferior a uno superior indica una etapa en el proceso de fabricación, que en muchos casos se traduce en un almacenamiento intermedio.

El nivel de elaboración máxima de los artículos, que en general corresponderá a aquellos que comercializa la empresa, la denominaremos nivel de productos acabados. El nivel de menor elaboración de los productos, es decir, los que compramos en el exterior, lo denominaremos nivel de materias primas. Entre ambos niveles puede haber otros semielaborados, componentes, subconjuntos, etc.

Observad que el concepto de nivel sólo tiene sentido si nos referimos a un contexto productivo determinado: lo que para nosotros puede ser un producto acabado, para nuestro cliente puede ser una materia prima que alimenta la fabricación de su producto.

- En segundo lugar, cada elemento de la estructura debe estar definido de manera unívoca y sin ambigüedades. La empresa que fabrica la silla que ponemos como ejemplo probablemente fabrica otras sillas que se deberán diferenciar. Por esta razón es usual que cada artículo esté codificado de manera que no pueda inducir a ningún tipo de error.
- En tercer lugar, observamos que se indica el número de artículos de un nivel inferior que son necesarios para formar un artículo de nivel superior (en la estructura arborescente se representa mediante el número que aparece al lado de las ramas).

Esta lista que hemos visto correspondería a una lista básica. Tenemos ejemplos, con pequeñas variantes, en la figura siguiente. A continuación, comentaremos otro tipo de lista de materiales que se usa mucho hoy día: la lista modular.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

Consideremos el caso de una industria automovilística y, en concreto, uno de los modelos de vehículo que fabrica. Muy probablemente este modelo tendrá un gran número de variantes: por ejemplo, se podrá adquirir con cinco motorizaciones diferentes, cuatro con gasolina y una con diesel; podrá tener dos o cuatro puertas, llevar catalizador o no, tener techo solar o no; podrá salir con aire acondicionado o sin, cambio de marcha manual de cuatro velocidades, cinco velocidades o automático, elevallas eléctrico o manual, etc. Todas estas variantes representan  $5 * 2 * 2 * 2 * 2 * 3 * 2 = 480$  modelos diferentes, y esto sin tener en cuenta otras posibles variantes como el color de la tapicería, los diferentes niveles de equipamiento, etc.



Una empresa del sector de la automoción aseguraba en la publicidad de uno de sus modelos que podía estar 8 años fabricando vehículos sin que hubiera dos iguales. Afirmaba, por lo tanto, que el modelo tenía más de cuatro millones de variantes. Pero se debe decir que muchas de estas variantes no se

llegarán a fabricar nunca (en nuestro ejemplo podemos pensar que las motorizaciones más potentes no se montarán nunca con el cambio de marchas de cuatro velocidades).

De todos modos, vemos que una empresa puede llegar a fabricar una gran cantidad de productos diferentes con la característica de que serían variaciones de un producto base. ¿Esto quiere decir que debe disponerse de una estructura del producto para cada una de las variaciones? Evidentemente, en el caso de la empresa de automoción que comentábamos, trabajar con 4 millones de listas de materiales, aunque todas tengan una gran parte coincidente, resultaría totalmente inviable, y más aún considerando que cada uno de estos productos puede estar formado por miles de componentes y artículos.

Este problema se puede resolver mediante lo que se conoce como estructura modular del producto. En lugar de considerar las 480 listas de productos, consideremos que cada producto final está formado por su estructura base, que agrupa los elementos comunes a las diferentes versiones, más una serie de módulos que identifican cada una de las posibles variantes sin intentar combinarlas entre sí: cinco módulos correspondientes a cada una de las cinco motorizaciones, dos más correspondientes a la dotación de dos o cuatro puertas, dos más asociados al hecho de tener catalizador o no tenerlo, etc.

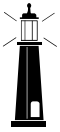
De este modo, sólo habrá 18 listas de materiales asociadas a los diferentes módulos (más la lista asociada a la estructura base), en lugar de las 480 que antes considerábamos.

### 2.3 LO QUE YA NO HAY QUE HACER: LO QUE TENEMOS EN LOS ALMACENES

El plan maestro define la cantidad de productos de demanda externa que queremos fabricar en los diferentes períodos de tiempo en que hemos descompuesto el horizonte. El sistema de gestión de la producción deberá tomar una serie de decisiones respecto a la obtención de estos productos y por extensión también de sus componentes: si disponemos de la cantidad requerida en stock es posible que no haga falta fabricarlos o que se tengan que fabricar en una cantidad menor que la definida por el plan maestro.

En todo caso, parece bastante evidente que para saber qué hemos de producir hay que conocer las disponibilidades de los productos, es decir, el estado de los inventarios. Este conocimiento no consiste únicamente en saber qué es lo que hay en el almacén (parte del stock puede estar comprometido para la realización de otros productos, órdenes que se lanzaron en periodos ante-





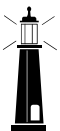
riores pueden estar pendientes de recepción, etc.). En general se deberá disponer de información sobre:

- Existencias al principio de cada periodo, que corresponderá a las existencias reales que hay en el almacén en el caso del primer periodo y de las existencias programadas según el programa de fabricación y aprovisionamiento para los siguientes. Se debe tener en cuenta, además, que parte de estas existencias pueden no estar disponibles para ser usadas: productos en cuarentena, pendientes de pasar un control de calidad, pendientes de análisis, rechazados, productos caducados, etc. Debemos saber, además de las existencias físicas, las que están disponibles para el sistema productivo.
- Cantidades pendientes de recibir, procedentes de órdenes de producción o aprovisionamiento que han sido lanzadas en periodos de tiempos anteriores, pero que aún no han sido recibidas.
- Cantidades comprometidas para otras órdenes de producción.
- Stocks de seguridad, definidos en previsión de las posibles oscilaciones de los requerimientos de los productos sujetos a una demanda externa que en la mayoría de los casos está prevista, pero que no está del todo determinada, sino que tiene un componente aleatorio que se intenta cubrir con este stock de seguridad.

## 2.4. EL LUGAR DONDE LO QUEREMOS HACER: LAS RUTAS DE PRODUCCIÓN



La ruta de un producto es la descripción de cómo circulan los materiales a través del sistema productivo, entre los centros de trabajo que lo forman, y de las operaciones que en cada uno de estos centros se realizan para poder ir transformando los diferentes artículos en productos acabados.



Así, para cada etapa del sistema productivo, cada cambio de nivel en la estructura del producto (materias primas, productos semielaborados, productos acabados), se deberá tener información sobre:

- Los centros de trabajo donde se realizan las operaciones que permiten transformar los artículos de nivel inferior en otros de nivel superior.
- Las operaciones que se realizan en cada uno de los centros de trabajo y la manera como se deben hacer.
- La secuencia en que, por consideraciones tecnológicas, se deben realizar estas operaciones.

Hay dos datos básicos relacionados con esta descripción del proceso de fabricación que serán de gran interés a la hora de gestionar la producción:

1. El tamaño del lote de fabricación o aprovisionamiento, ya que en muchos casos la producción no se realiza unidad por unidad, sino en series productivas. Hemos de tener en cuenta que la adecuación de un sistema productivo a la fabricación de un producto requiere unos tiempos de preparación (cambio de herramientas, ajuste de las máquinas, cambio de moldes, etc.) que pueden no resultar rentables para la producción de un pequeño número de unidades.
2. Los plazos de fabricación y aprovisionamiento, es decir, el periodo de tiempo que ha de transcurrir desde que se lanza una orden de fabricación o aprovisionamiento hasta que el producto correspondiente queda a disposición de ser usado.

Quizá habrá que profundizar un poco en la cuestión del tamaño del lote, ya que el tamaño del lote de fabricación de un determinado producto en general es el resultado de minimizar los costes que tiene asociados, es decir, es el resultado de la búsqueda de un equilibrio entre los costes de posesión, asociados al mantenimiento del stock si fabricamos o nos aprovisionamos en series largas, y los costes de lanzamiento o preparación, que decrecen a medida que el tamaño del lote aumenta.

Para establecer los tamaños de los lotes se pueden definir muchos métodos. Como ejemplo se indican los siguientes:

- Lote a lote, en donde el tamaño del lote es igual a las necesidades netas del producto.
- Lote de tamaño fijo, donde el lote tiene un tamaño predefinido e independiente de las necesidades del producto (por ejemplo, producir siempre un lote de 300 unidades).
- Lote mínimo, donde se define un tamaño mínimo de lote (no es rentable producir por debajo de este valor).
- Lote económico, que utiliza el valor medio de las necesidades brutas a lo largo del horizonte de planificación para calcular el lote económico (fórmula EOQ o de Harris-Wilson).
- Otros (tiempo económico, algoritmo de Silver y Meal, mínimo coste unitario, algoritmo de Wagner y Whi-tin, etc.).



Con referencia a los plazos de fabricación, aunque en realidad el tiempo entre el lanzamiento y la recepción de una orden no acostumbra a ser constante, en la práctica se suele suponer que lo es, o, al menos, es una función lineal del tamaño del lote. Para los artículos de aprovisionamiento externo los plazos pueden ser pactados con los proveedores, pero, para los artículos que fabricamos, el plazo de fabricación puede ser difícil de estimar: depende de la carga de las estaciones de trabajo, de posibles averías, del estado de otras órdenes de trabajo que se deban hacer en las mismas secciones, etc.

En general, a partir de la experiencia práctica se determinan unos valores aproximados de los plazos de entrega, plazos que han de ser establecidos de una manera realista: si son subestimados, las órdenes de producción que se lancen no estarán listas en los momentos en que sean necesarios y los planes de producción serán irrealizables; si están sobrestimados, se generarán stocks indeseables y la subocupación de los diferentes centros de trabajo que intervengan.

eoi

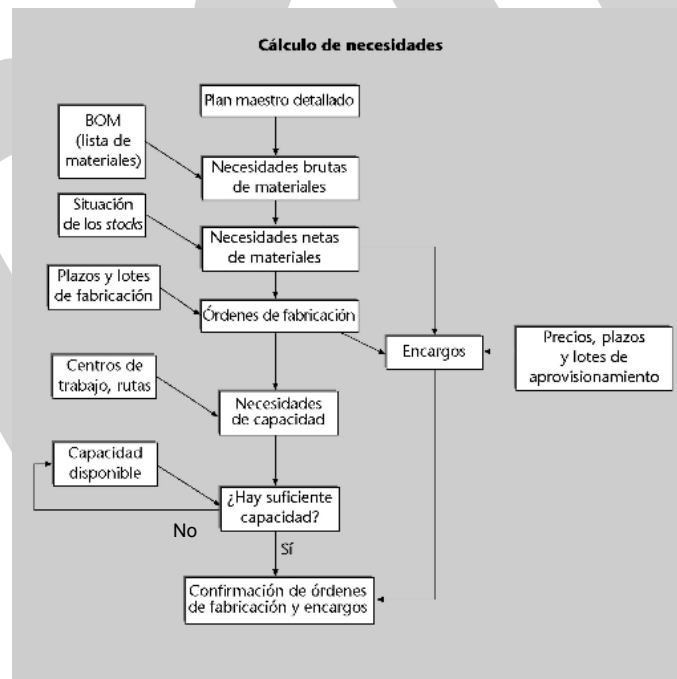


# 3 EL MRP (MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING) O CÁLCULO DE NECESIDADES

## 3.1. DEFINICIÓN

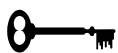


El sistema MRP (Material Requirement Planning o Planificación de las Necesidades de Materiales) es un sistema simple de gestión de la producción que, basado en un sistema informático, proporciona un programa de producción y aprovisionamiento a partir de tres fuentes de información: el plan maestro de producción, el estado de los inventarios y la estructura de fabricación (lista de materiales y rutas de los productos).



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

El MRP se basa en la consideración de dos tipos de artículos dentro de la empresa, los artículos asociados a una **demanda externa** (a los que denominaremos genéricamente productos acabados) –la información sobre sus necesidades figura en el plan maestro de producción– y los que responden a las **necesidades internas** (piezas, componentes, semielaborados, y materias primas), que en muchos casos son la mayor parte de los productos que inter-



vienen en el proceso de fabricación y cuyas necesidades se pueden calcular de manera mecánica a partir del conocimiento de la estructura del producto, mediante lo que se conoce **como explosión de necesidades**.

Analicémoslo mediante un pequeño ejemplo. Supongamos que tenemos invitados (ocho personas en total) y queremos sorprenderlos con un cóctel de cava, cuya receta se especifica a continuación; el plan maestro, en este caso, sería el número de productos finales que queremos preparar (ocho cócteles).

### CÓCTEL DE CAVA

Ingredientes para un combinado: 14 cl de cava, un terrón de azúcar, unas gotas de angostura, 3 cl de aguar-diente, una rodaja de naranja y una copa flauta para cava.

Preparación: enfriad el cava durante cuatro horas en la nevera, helad la copa (mantenedla dos horas en el congelador, sacadla con una servilleta) poned el terrón de azúcar, mojadlo con angostura y después volcad por encima el aguardiente. Acabad de llenar la copa con el cava, decoradla con la rodaja de naranja y servidlo inmediatamente.

La lista de materiales en este caso es la lista de ingredientes y la estructura de fabricación se podría asimilar en la misma receta, en la cual se describe el proceso de elaboración y los plazos de entrega (por ejemplo, dos horas para helar el vaso).

Hacer el cálculo de necesidades es determinar el número de unidades de cada uno de los componentes de los productos que hacen falta para satisfacer la demanda externa; en el caso de nuestro cóctel, las conclusiones de la explosión del producto serían que para hacer ocho cócteles necesitamos 112 cl de cava, ocho terrones de azúcar, ocho copas, 24 cl de aguardiente, ocho rodajas de naranja y una pequeña cantidad de angostura.

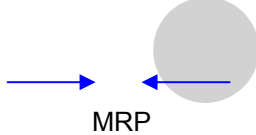
El paso siguiente consistiría en comparar estas necesidades con las disponibilidades de nuestro mueble bar y ver qué es lo que debemos comprar para poder hacer los combinados. Aquí deberemos tener en cuenta los efectos de la clasificación por lotes, ya que difícilmente conseguiremos que se vendan 112 cl de cava, ocho terrones de azúcar, ocho copas, 24 cl de aguardiente, ocho rodajas de naranja y una pequeña cantidad de angostura.

Este ejemplo es muy simple, pero, en general, el planteamiento es similar, aunque a otra escala evidentemente, a la de un sistema de fabricación mucho



más complejo, como puede ser la industria automovilística, en que cada vehículo tiene miles de componentes. Hay muchos niveles dentro del sistema productivo en los que intervienen muchas empresas del sector.



Entradas del MRP		Principales salidas del MRP
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El plan maestro de producción, es decir, las cantidades de producto final que hace falta fabricar y las fechas previstas de entrega de estos productos.</li> <li>• Los datos sobre la disponibilidad de materiales, stock disponible y recepciones pendientes.</li> <li>• La estructura de los diferentes productos, es decir, la lista de materiales.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• El plan de pedidos, ya sean de compras o de fabricación, donde se indican los instantes en que se han de hacer los diferentes pedidos.</li> <li>• Informes de transacción que permiten modificar el fichero de datos, en general con la intervención de un operario, a partir de los cambios que generan las órdenes de compra y fabricación emitidas.</li> <li>• Otras salidas secundarias.</li> </ul>



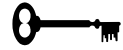
El MRP parte de una información básica formada por:

1. Las cantidades de productos acabados que se quieren fabricar y los momentos en que éstos deben estar listos. Esta información en general la facilita el plan maestro de producción.
2. La cantidad de materiales, componentes y elementos constructivos de que se dispone en el momento actual para la fabricación de los productos y las posibles variaciones previstas de éstos stocks.
3. La estructura de los productos que se quieren fabricar, es decir, la lista de materiales correspondiente a los productos acabados. Lista de materiales: Indica de qué partes o de qué componentes está formada cada unidad (cada artículo) y permite, por tanto, calcular las cantidades de cada componente que hacen falta para fabricarlos.
4. Datos de fabricación de los productos: lotes, plazos de entrega de los productos, etc.

A partir de estos datos, el principal resultado previsto del MRP es un calendario de pedidos para cada uno de los artículos que intervienen en el proceso productivo, donde se indicará el momento en que hay que emitir el pedido, ya sea de fabricación o de aprovisionamiento, y el momento en que el pedido, ya listo, queda disponible para ser usado en una etapa posterior del proceso productivo.

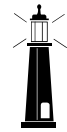
Estos pedidos, en general, se transformarán en:

- órdenes de movimiento de materiales (entradas y salidas de almacén, movimientos entre centros de trabajo),
- órdenes de trabajo (asignaciones de tareas a los centros de trabajo, instrucciones a los operarios),
- pedidos al exterior (compras o subcontrataciones).



Todo esto genera una serie de transacciones (variaciones en el nivel de stocks, variaciones en la carga de las máquinas, etc.) que modifican el sistema productivo y, por lo tanto, como el MRP en la realidad se apoya en el uso de un sistema informático, habrá que hacer las modificaciones correspondientes en las bases de datos de la empresa. De todas formas, y a pesar de la potencialidad que tiene un sistema como el MRP, éste se basa en unas hipótesis que en algunos casos restringen la posibilidad de su aplicación:

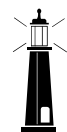
- El tamaño de los lotes se determina de forma independiente para cada uno de los artículos según una política definida a priori.
- Los plazos de fabricación y aprovisionamiento son fijos y conocidos para cada artículo, y pueden variar de un artículo a otro.
- Está orientado a los productos acabados, de forma que calcula las necesidades de los componentes a partir de las de los artículos finales.
- Se basa en la demanda futura de los productos acabados, reflejada en el plan maestro de producción.
- La exploración de las necesidades se realiza en carga infinita, es decir, no se consideran las posibles limitaciones de capacidad productiva que pueda haber.



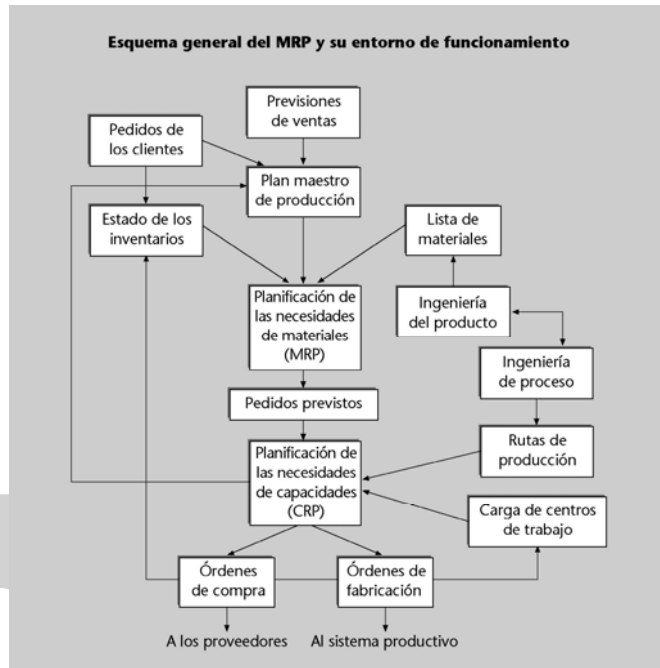
### 3.2. FUNCIONAMIENTO DEL MRP

El proceso para elaborar un MRP es el siguiente:

1. Se ordenan los artículos por niveles, empezando por el nivel de productos acabados y acabando por el de materias primas.
2. Se escoge un artículo del nivel más bajo todavía no tratado.
3. Se calculan las necesidades brutas asociadas a este artículo mediante la suma de las necesidades asociadas a la demanda externa e interna.

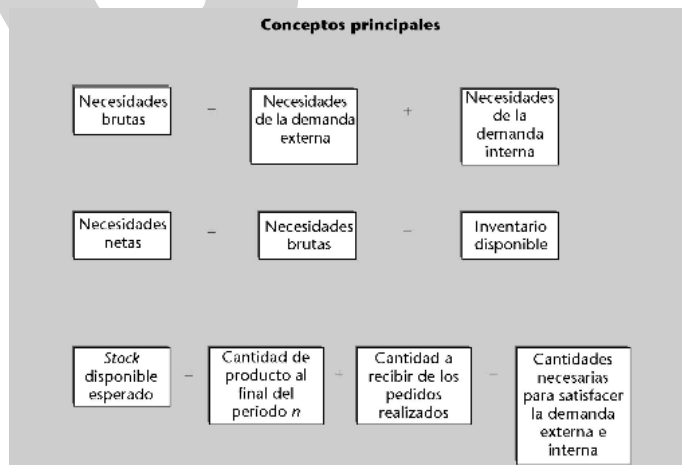


4. Se calculan las necesidades netas restando a las necesidades brutas el inventario disponible para satisfacer esta demanda.
5. Se calcula el tamaño del lote necesario de acuerdo con las políticas preestablecidas y de esta manera se obtienen los momentos en que hay que recibir los lotes definidos.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

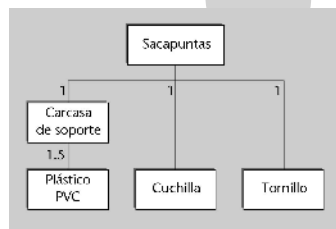
6. Se calcula en el tiempo la emisión de las órdenes según el plazo de fabricación o de aprovisionamiento, de forma que se emitan con suficiente antelación para que la recepción corresponda al momento determinado en el paso anterior.
7. Si quedan artículos por analizar, se vuelve al paso 2.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

### 3.3. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MRP

Probablemente, la mejor manera de comprender el funcionamiento de un sistema MRP es analizarlo mediante un ejemplo práctico. Consideramos el ejemplo de una empresa que fabrica sacapuntas, en la que el sacapuntas es el único producto acabado; el material plástico, la cuchilla y el tornillo son las materias primas y hay un nivel intermedio formado por la carcasa, que se fabrica en una máquina de inyección a partir del plástico.



Por lo que se refiere a los otros datos necesarios, la tabla muestra para los diferentes artículos el stock disponible actualmente, el tamaño de los lotes de fabricación, el plazo de fabricación o aprovisionamiento, y las recepciones programadas.

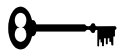
Código del artículo	Descripción	Nivel	Stock inicial	Tamaño del lote	Plazo de entrega	Recepciones programadas (semana/cantidad)
MA01	Sacapuntas	0	700	500	1 semana	
CA02	Carcasa de soporte	1	400	1.000	1 semana	1/1.000
PV03	Material de plástico	2	150	2.000	2 semanas	1/2.000
GA04	Cuchilla	2	150	1.000	2 semanas	2/1.000
CG0	Tornillo	2	2.200	5.000	3 semanas	

El plan maestro de producción, elaborado a partir de los pedidos que han realizado nuestros clientes y de las previsiones de ventas, indica que durante las seis semanas siguientes hay que fabricar 500, 600, 750, 400, 400 y 600 sacapuntas, respectivamente.

Para hacer el cálculo de necesidades nos ayudará una tabla como la siguiente:

Artículo			Periodo de tiempo (semanas)						
			Stock	1	2	3	4	5	6
Código		Necesidades brutas							
Nivel		Recepciones programadas							
Tamaño del lote		Stock disponible esperado							
Stock inicial		Necesidades netas							
Plazo de entrega		Pedidos (recepción)							
		Pedidos (lanzamiento)							

Esta tabla corresponde a una hoja típica de planificación de un sistema MRP. Observamos que se puede dividir en dos partes. A la izquierda hay diversas características y datos sobre el producto, que necesitaremos saber para realizar posteriormente las operaciones asociadas al MRP. A la derecha tenemos la hoja de trabajo propiamente dicha. Esta hoja se descompone en tantas columnas como periodos de tiempo queremos analizar en el futuro, más una al principio en la que se indica el stock disponible en el momento inicial.



Por filas, la información que hay que ir indicando es la siguiente:

- **Necesidades brutas:** cantidad de producto que debe estar disponible para el suministro al exterior (demanda externa), para ser usado en otros procesos productivos de la empresa o en otras fases de fabricación (demanda interna). La demanda externa corresponderá en general al plan maestro de producción (artículos de demanda independiente).
- **Recepciones programadas:** en esta fila se indicarán las recepciones correspondientes a pedidos realizados en el pasado y que tienen que llegar en las próximas semanas.
- **Stock disponible esperado:** cantidad de producto que queda en inventario al final del periodo correspondiente, después de añadir al stock existente al final del periodo anterior las cantidades correspondientes a las recepciones de pedidos realizadas y de restarle las cantidades necesarias para satisfacer las demandas externa e interna.
- **Necesidades netas:** parte de la demanda de productos se podrá satisfacer mediante el stock existente en aquel momento. Llamaremos necesidades netas a las necesidades de un artículo que no pueden ser suministra-



das con el stock previsto y que, por lo tanto, obligarán a hacer un pedido o una orden de fabricación.

- **Pedidos (recepción):** cantidades de producto que serán recibidas en este periodo, procedentes de órdenes de compra o de fabricación emitidas durante los periodos anteriores. Se diferencia de las necesidades netas por el hecho de que, según la política de lotes que se establezca, puede no ser adecuado fabricar o aprovisionarse a partir de la cantidad estrictamente necesaria de producto. Por ejemplo, aunque nuestras necesidades netas del artículo sean de 23 unidades, si éste se adquiere en cajas de 100, la recepción prevista corresponderá a las 100 unidades del lote de compra.
- **Pedidos (lanzamiento):** si tenemos en cuenta el plazo de fabricación, para poder tener disponible un pedido en un periodo determinado, puede haber sido necesario emitir la orden de compra o de fabricación unos cuantos periodos antes de que haya habido necesidad real.

Se empieza por el nivel de productos acabados (en nuestro ejemplo solamente hay un producto en este nivel, el sacapuntas). Se calculan las necesidades brutas asociadas a este artículo y se indican en la tabla (en este caso, las necesidades brutas corresponden a la demanda externa del producto, ya que no hay consumo interno).

Teniendo en cuenta que el stock inicial es de 700 unidades, con esta cantidad hay suficiente para cubrir las necesidades del primer periodo y aún quedarán 200 unidades para periodos posteriores. La demanda durante el segundo periodo es de 600 unidades, de las que 200 se pueden satisfacer con el stock acumulado durante la semana 1, pero las 400 unidades que faltan tendrán que ser fabricadas y en consecuencia se anotarán en la fila de necesidades netas. La producción de sacapuntas se realiza en lotes de 500 unidades; por lo tanto, aunque sólo necesitemos 400, habrá que recibir durante la semana 2 un lote completo de 500 unidades. Como el plazo de fabricación es de una semana, para poder disponer de este lote la segunda semana del mes, la orden de emisión se debería haber hecho la semana 1. Como el lote recibido es de 500 unidades y solamente se consumen 400, quedan 100 sacapuntas en stock disponible para la semana 3 y las posteriores.

Por lo que se refiere a la tercera semana, las necesidades brutas son de 750 unidades, de las cuales 100 se pueden obtener a partir del stock remanente de la semana anterior; las otras 650 se tendrán que fabricar y por lo tanto se anotan como necesidades netas. Como el lote de fabricación es de 500 unidades, durante esta semana tendríamos que recibir un pedido de 1.000 unidades (dos lotes), pedido que para que pueda ser recibido en ese momento, tiene que ser emitido



durante la semana 2. Como de las 1.000 unidades recibidas solamente se utilizan 650, quedan 350 en stock para las próximas semanas.



Artículo: Sacapuntas			Periodo de tiempo (semanas)						
			Stock	1	2	3	4	5	6
Código	MA01	Necesidades brutas		500	600	750	400	400	600
Nivel	0	Recepciones programadas							
Tamaño del lote	500	Stock disponible esperado	700	200	100	350	450	50	450
Stock inicial	700	Necesidades netas			400	650	50		550
Plazo de entrega	1 semana	Pedidos (recepción)		500	1000	500		1000	
		Pedidos (lanzamiento)	500	1000	500		1000		

La figura muestra con más detalle cómo se realizan estos cálculos en un caso genérico.

#### Ejemplo de cálculo MRP

Actualmente hay en el almacén 8 unidades de producto (stock inicial) y el próximo periodo esperamos recibir 15 unidades más (recepciones programadas del periodo 1). La demanda de fabricación es de 12 unidades para el periodo 1 (necesidades brutas). Entre lo que hay en el almacén y lo que se recibirá podemos satisfacer la demanda de producto y todavía quedarán  $8 + 15 - 12 = 11$  unidades de producto disponible al fin del periodo 1 que podrán ser utilizadas para cubrir las necesidades del periodo siguiente.

	Periodo				
	Stock inicial	1	2	3	4
Necesidades brutas		12	18	25	12
Recepciones programadas		15			
Stock disponible esperado	8	11	8	13	1
Necesidades netas			7	17	
Pedidos (recepción)			15	30	
Pedidos (lanzamiento)		15	30		

La demanda de producto (necesidades brutas) durante el segundo periodo es de 18 unidades, 11 de las cuales se pueden cubrir con el stock que queda del periodo anterior (stock disponible de la semana 1). Esto implica que quedan 7 unidades de producto (necesidades netas que deben ser fabricadas). Si suponemos que este producto se fabrica en lotes de 15, hay que prever la recepción de un lote durante esta semana (recepción de pedidos de la semana 2). Para que el pedido se pueda recibir durante la semana 2, si consideramos un plazo de fabricación de un periodo, la orden de fabricación se tiene que lanzar durante el periodo anterior.

Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

Observamos cuáles son los resultados que nos proporciona el MRP. Si analizamos las dos últimas filas de la tabla vemos que corresponden a un calendario de órdenes de fabricación (en el caso de artículos de procedencia exterior sería un calendario de aprovisionamiento); en efecto, en la última fila tenemos información sobre las fechas en que hay que lanzar los pedidos relativos a este artículo y sobre la cantidad de producto que hay que fabricar correspondiente a estos pedidos, y en la penúltima fila tenemos información sobre la recepción de estos pedidos.

Habría que hacer el mismo proceso para todos los productos correspondientes del nivel de productos acabados antes de empezar en el primer nivel de componentes. A diferencia de los productos acabados, la demanda de los componentes estará inducida por las necesidades que se tienen de los artículos de niveles superiores, por lo tanto, la demanda de carcasas de plástico dependerá de las necesidades de sacapuntas que tengamos.

¿Cuándo tendremos necesidad de disponer de las carcasas? Nos interesa disponer de ellas en el momento en que se necesiten para montar los sacapuntas. En otras palabras, cuando lanzamos una orden de producción para fabricar 500 sacapuntas, debemos tener a punto, para poder iniciar su fabricación, todos los componentes necesarios. En concreto, para iniciar la producción de 500 sacapuntas habrá que tener a punto 500 carcasas en el momento de emitir la orden de fabricación, es decir, la primera semana.

De este modo, lo que se pretende es “explotar” los pedidos efectuados en cada nivel y determinar las necesidades brutas correspondientes al nivel inmediatamente inferior. Así, la tabla inicial correspondiente a la carcasa de plástico donde se han indicado los datos iniciales, y los pedidos de sacapuntas se han transformado en una cantidad equivalente (ya que la relación es de una carcasa por sacapuntas, según se indica en la estructura del producto) de necesidades brutas de este componente. A partir de aquí el proceso de resolución de la tabla sería el mismo que en el caso del producto acabado.



Artículo: Carcasa de plástico			Periodo de tiempo (semanas)							
			Stock	1	2	3	4	5	6	
Código	CA02	Necesidades brutas		500	1000	500			1000	
Nivel	1	Recepciones programadas		1000						
Tamaño del lote	1000	Stock disponible esperado	400							
Stock inicial	400	Necesidades netas								
Plazo de entrega	1 semana	Pedidos (recepción)								
		Pedidos (lanzamiento)								

Artículo: Carcasa de plástico			Periodo de tiempo (semanas)						
			Stock	1	2	3	4	5	6
Código	CA02	Necesidades brutas		500	1000	500		1000	
Nivel	1	Recepciones programadas		1000					
Tamaño del lote	1000	Stock disponible esperado	400	900	900	400	400	400	400
Stock inicial	400	Necesidades netas			100			600	
Plazo de entrega	1 semana	Pedidos (recepción)			1000			1000	
		Pedidos (lanzamiento)		1000			1000		

Para ver si habéis comprendido el funcionamiento del sistema MRP, tendríais que acabar de resolver el problema y determinar las órdenes de aprovisionamiento que hay que lanzar para los productos que se compran en el exterior (el material plástico, las cuchillas y los tornillos). A continuación, para que podáis comprobar los resultados, se muestran las tablas finales que se obtienen.

Artículo: Material de plástico			Periodo de tiempo (semanas)						
			Stock	1	2	3	4	5	6
Código	PV03	Necesidades brutas		1500			1500		
Nivel	2	Recepciones programadas		2000					
Tamaño del lote	2000	Stock disponible esperado	150	650	650	650	1150	1150	1150
Stock inicial	150	Necesidades netas					850		
Plazo de entrega	2 semana	Pedidos (recepción)					2000		
		Pedidos (lanzamiento)			2000				

GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA

Artículo: Cuchilla			Periodo de tiempo (semanas)						
			Stock	1	2	3	4	5	6
Código	GA04	Necesidades brutas		500	1000	500		1000	
Nivel	2	Recepciones programadas			1000				
Tamaño del lote	1000	Stock disponible esperado	800	300	300	800	800	800	800
Stock inicial	800	Necesidades netas				200		200	
Plazo de entrega	2 semana	Pedidos (recepción)				1000		1000	
		Pedidos (lanzamiento)		1000		1000			

Artículo: Tornillo			Periodo de tiempo (semanas)						
			Stock	1	2	3	4	5	6
Código	CG05	Necesidades brutas		500	100	500		100	
Nivel	1	Recepciones programadas							
Tamaño del lote	5000	Stock disponible esperado	2200	1700	700	200	200	4200	4200
Stock inicial	220000	Necesidades netas						800	
Plazo de entrega	3 semana	Pedidos (recepción)						5000	
		Pedidos (lanzamiento)			5000				

# 4 LA PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS RECURSOS (CRP)

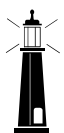
## 4.1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN



Si en lugar de hacer cócteles de cava para ocho personas organizamos una fiesta más multitudinaria y queremos hacer combinados para cincuenta invitados, la exploración de necesidades mostrará que hacen falta 700 cl de cava, 40 terrones de azúcar, un buen chorro de angostura, 150 cl de aguardiente, 50 rodajas de naranja y 50 copas. Supongamos que el día anterior a la celebración de la fiesta nos hemos aprovisionado de todos los ingredientes. El día indicado ponemos las botellas de cava en la nevera y dos horas antes de servir las copas intentamos helarlas, pero entonces nos damos cuenta de que en el congelador sólo hay espacio para unas 35 copas y que, por lo tanto, no podremos tenerlas a punto para servir la bebida.

Hemos encontrado, pues, una limitación de capacidad en nuestro sistema productivo. Un centro de trabajo, el congelador, no tiene suficiente disponibilidad para realizar en el plazo fijado las órdenes de trabajo encomendadas: helar 50 copas. Probablemente en este caso el problema no sería muy grave. Podríamos pedir a un vecino que nos dejase helar las copas en su congelador, o intentar hacer la operación con hielo picado, o helar 35 y dejar el resto para un segundo turno, con lo que algunos invitados tendrían que esperar para ser servidos, o simplemente suprimir este paso del proceso de preparación.

Este ejemplo ilustra el siguiente paso que hay que realizar una vez hecho el cálculo de necesidades, que es calcular la capacidad necesaria en las diferentes secciones y centros de trabajo, y compararla con la capacidad disponible de éstos para analizar si el plan de producción establecido es viable o no lo es.



El MRP realiza los cálculos en capacidad infinita. Tened en cuenta que hemos calculado la cantidad de productos que teníamos que fabricar durante cada periodo de tiempo, pero nunca nos hemos preguntado si teníamos personal, maquinaria e instalaciones suficientes para fabricarlos, por lo tanto, hemos supuesto que, independientemente del tamaño de la orden de producción que hay que lanzar, teníamos suficiente capacidad productiva para responder de ello y tener listo el lote en el plazo fijado. Hay que matizar esta afirmación. Los problemas de capacidad han sido considerados en parte dos veces: primero, durante la elaboración del plan maestro cuya supuesta factibi-

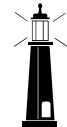
alidad hace que haya que tener en cuenta, aunque de forma agregada y quizá sólo en relación con los recursos críticos, ciertas limitaciones de capacidad; segundo, en la definición de los plazos de fabricación, ya que éstos quedarán definidos teniendo en cuenta las posibles cargas de los centros de trabajo.

Al proceso que consiste en calcular las capacidades necesarias en los diferentes centros de trabajo para satisfacer las órdenes de fabricación y compararlas con las necesidades existentes lo llamaremos planificación de las necesidades de capacidad (CRP: Capacity Requirements Planning).



Por lo tanto, el CRP es una técnica que informa de las necesidades de capacidad asociadas a los pedidos de todos los artículos de la empresa planificados según el MRP; considerando ilimitada la disponibilidad de los recursos. La mecánica del proceso se realiza en cuatro pasos básicos:

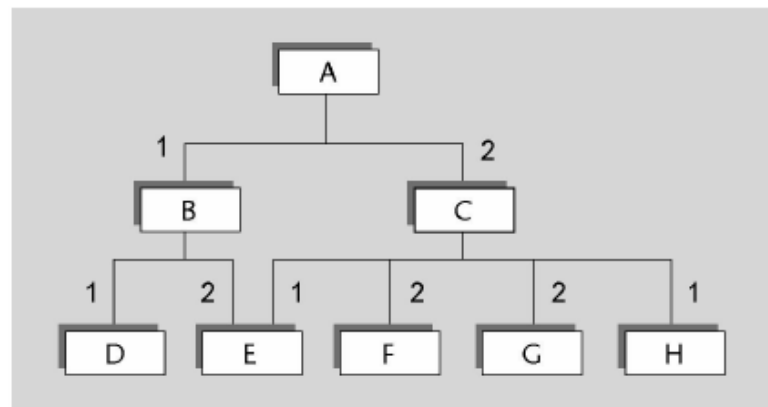
- Paso 1: Determinación de la carga generada por todos los pedidos planificados en cada uno de los centros de trabajo.
- Paso 2: Periodificación de estas cargas asignadas a lo largo de los periodos de fabricación o suministro (lead time o periodos de entrega).
- Paso 3: Determinación de la capacidad necesaria por periodo en cada centro de trabajo.
- Paso 4: Comparación de la capacidad disponible con la necesaria y determinación de las desviaciones.



Hay muchos factores que pueden afectar a la capacidad productiva, y algunos pueden quedar bajo el control de los gestores del sistema, pero otros, no. Entre los controlables podemos considerar la mano de obra, la maquinaria, las herramientas, la subcontratación, las horas extras, el mantenimiento preventivo, los materiales, etc. Entre los no controlables o menos controlables, podemos indicar la climatología, el absentismo laboral, los fallos de equipamiento, etc.

## 4.2. UN EJEMPLO DE CÁLCULO DE CAPACIDADES

Consideramos el siguiente ejemplo ilustrativo del funcionamiento de la técnica CRP: el producto final A es el resultado del montaje de una unidad del componente B y dos del C, las cuales, por su parte, se obtienen a partir de las materias primas D, E, F, G y H, que se compran en el exterior según muestra la figura.



El montaje de A y la construcción de B y C requieren las operaciones indicadas en la siguiente tabla, en la cual se muestra el nombre del artículo (A, B o C), el tamaño del lote de producción, el plazo de fabricación, el número de operaciones (una etapa del proceso productivo puede requerir una o varias operaciones para transformar los componentes de un nivel más bajo en artículos de un nivel superior, operaciones que se pueden realizar en uno o más centros de trabajo) la descripción elemental del contenido de la operación, el centro de trabajo, CT, donde se realiza esta operación (en este caso los centros de trabajo se designan como S1, S2 y S3) y las horas de fabricación necesarias (HF) para realizar la operación indicada sobre el artículo en el centro de trabajo correspondiente.

Referencia o artículo	Tamaño del lote	Plazo de entrega	Op.	Descripción	CT	HF
A	5	2 semanas	1	Montaje	S1	4
B	10	1 semana	1	Torneado	S2	5
			2	Montaje	S1	3
C	15	3 semanas	1	Torneado	S2	5
			2	Fresado	S3	4
			3	Montaje	S1	6

Consideramos que ya se ha realizado el cálculo de necesidades sobre la demanda de producto final y que las órdenes de fabricación para los seis próximos periodos de los artículos A, B y C, según los stocks existentes y las cantidades comprometidas, son:

Artículo	Periodo					
	1	2	3	4	5	6
A			5	5		10
B		10		10	10	
C	15		15			

Estos datos corresponden a los momentos de emisión de las órdenes; para calcular los momentos de recepción solamente hay que desplazar estas cantidades a los periodos correspondientes a los plazos de fabricación.

Ahora haremos el cálculo de requerimientos de capacidades asociado a estos datos.

1. El primer paso consiste en determinar la carga generada por cada orden de trabajo a cada una de las diferentes secciones o centros de trabajo S1, S2 y S3. Para hacerlo, sólo hay que multiplicar el número de artículos que hay que fabricar durante cada periodo por el número de horas necesarias para hacer una unidad de artículo. Por ejemplo, durante la primera semana hay una orden de producción de 15 unidades del artículo C; como se tardan cinco horas en tornearse el artículo, cuatro en fresarlo y seis en montarlo (operaciones que se realizan respectivamente en los centros S2, S3 y S1) para fabricar el lote de 15 unidades necesitamos disponer de 75 horas en el centro de trabajo S2, 60 en el centro S3 y 90 en el centro S1. Haciendo los mismos cálculos para todos los artículos se obtiene:



Centro de trabajo	Artículo	Periodo					
		1	2	3	4	5	6
S1	A			20	20		40
	B		30		30	30	
	C	90		90			
S2	B		50		50	50	
	C	75		75			
S3	C	60		60			

2. El segundo paso consiste en periodificar las cargas a lo largo del plazo de fabricación. Si hacen falta tres periodos para realizar una tarea, no parece lógico que toda la carga de trabajo quede concentrada sobre aquel periodo en que se hace el pedido de fabricación, sino que esta carga tendría que repartirse entre todo el plazo de entrega.





		Periodo					
Centro de trabajo	Artículo	1	2	3	4	5	6
S1	A			10	20	10	20
	B		30		30	30	
	C	30	30	60	30	30	
S2	B		50		50	50	
	C	25	25	50	25	25	
	C	20	20	40	20	20	

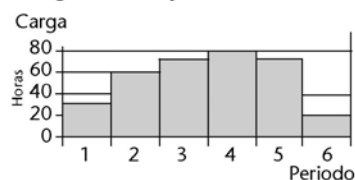
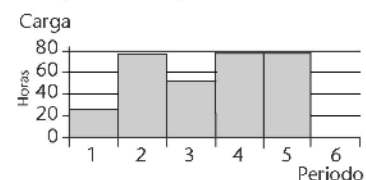
Así, en el caso del artículo A, como el tiempo de fabricación es de dos semanas, la orden de producción correspondiente a la semana tres, que tenía una carga de 20 horas de trabajo, se ha repartido entre las semanas tres y cuatro, las dos semanas que constituyen el plazo de entrega; y se ha hecho lo mismo con las órdenes de producción correspondientes a la semana cuatro, que se ha repartido entre las semanas cuatro y cinco, y la semana seis (en este caso la orden se ha repartido entre las semanas seis y siete, pero esta última queda fuera del horizonte de planificación).



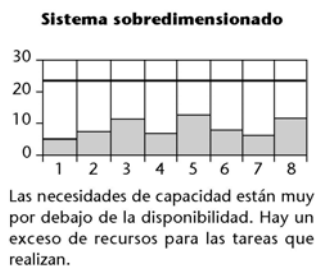
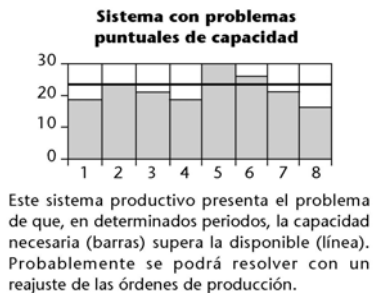
- El tercer paso consiste en agregar la carga asociada a cada centro de trabajo, y eso se hace sumando las cargas asociadas a cada artículo que se realiza en aquel centro de trabajo.

		Periodo					
Centro de trabajo		1	2	3	4	5	6
S1		20	60	70	80	70	20
S2		25	75	50	75	75	
S3		20	20	40	20	20	

Una forma más ilustrativa de presentar esta información es mediante un diagrama de barras, como el que se muestra en la figura.

**Carga de trabajo de la sección S1**

**Carga de trabajo de la sección S2**


4. El último paso consiste en comparar la capacidad requerida para llegar a las cantidades que hay que fabricar y la capacidad disponible de los recursos. Si la capacidad requerida supera en algún momento la disponible, quiere decir que en las condiciones actuales no se pueden producir los productos prefijados en el plan maestro. La figura muestra algunas de las situaciones que se pueden dar.

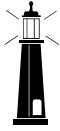


### 4.3. MÉTODOS PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE LA FALTA DE CAPACIDAD

Hay que observar que el CRP no resuelve problemas de disponibilidad de recursos que se puedan presentar; su función consiste únicamente en determinar la capacidad necesaria para la realización de las órdenes de producción según ha establecido el MRP e informar sobre las posibles discrepancias respecto a la disponibilidad. Si hay conflictos –y por conflictos podemos entender tanto el hecho de que la capacidad requerida supere la disponible durante determinados periodos, como el hecho de que la capacidad disponible supere con exceso la necesaria de forma generalizada (en este último caso nos encontraremos en un sistema productivo subocupado)– la resolución de estos conflictos dependerá del operador del sistema, que tendrá que establecer por su cuenta las medidas adecuadas. Hacer estas operaciones es lo que se llama **trabajar en capacidad finita**.



Hay diferentes maneras de intentar ajustar las necesidades a la disponibilidad de recursos. A continuación os comentamos algunas.



#### 1. Reajuste temporal de las órdenes de producción

La manera más eficaz de resolver pequeños problemas puntuales en un entorno subocupado consiste en desplazar en el tiempo las órdenes de fabricación concretas (y ordenar su ejecución antes de la fecha marcada por el MRP) para aprovechar los periodos con menos carga para fabricar una parte de la producción que se requiere durante los periodos con déficit de capacidad. Este desplazamiento temporal obligará a mantener un determinado stock entre el periodo real en que se fabrica el producto y el periodo en que se consume o se necesita realmente.

#### 2. Reajuste de los tamaños de los lotes

La agrupación en lotes de las cantidades que hay que producir influye en la distribución temporal de la carga en los centros de trabajo. A veces hay suficiente con modificar el tamaño de los lotes (fabricar en cantidades superiores a la óptima o emitir órdenes de producción para lotes más pequeños de lo que es normal) para ajustar las capacidades disponible y necesarias, aunque quizá sea a costa de un nivel medio de inventarios mayor o de un coste de fabricación más alto. Esto puede ser especialmente adecuado en los casos en que el tiempo de preparación de los centros de trabajo o de las máquinas sea elevado: los lotes de producción son grandes y, por lo tanto, el hecho de incrementarlos en una cierta proporción, un 10 o un 15 por ciento, no implica un incremento fuerte de los costes asociados (o al menos no tan fuerte como si hiciésemos un lote específico para la producción de una tirada de piezas igual al 10 ó 15 por ciento del lote usual).

#### 3. Variar el nivel de personal

La contratación o despido del personal es una medida drástica que comporta costes elevados y puede tener inconvenientes laborales graves; por lo tanto, es una práctica que sólo se puede llevar a cabo cuando hay problemas importantes de capacidad a largo plazo y no se trata de cuestiones puntuales. De todas formas, es una solución muy utilizada, mediante la contratación temporal, en sectores con una estacionalidad alta.

Sin llegar a estos extremos también hay otras maneras de modificar el nivel de personal de la empresa, como la programación de las vacaciones de los empleados de forma que no coincidan con las fechas de máxima demanda.

#### 4. Sobreutilización de los recursos

Los recursos pueden ser utilizados de una forma que podríamos llamar normal. De este modo, la cantidad de artículo que se fabrica por unidad

de tiempo queda más o menos fijada, y esta cantidad es la que se utiliza para hacer los cálculos de capacidad. Pero algunos de estos recursos se pueden forzar para obtener una productividad más alta, bien aumentando la velocidad de producción o bien aumentando el número de horas que el recurso está en funcionamiento.

En el caso de la mano de obra, esto implicaría aumentar el nivel de actividad del personal o el nivel de horas de trabajo. En el primer caso, probablemente se tendrán que pagar primas de productividad para que los trabajadores aceleren el trabajo cuando haya más demanda; el segundo caso equivale a utilizar horas extras, más caras que las horas normales de fabricación.

#### 5. Uso de rutas o procesos alternativos

En general hay diferentes maneras de fabricar un producto, pero siempre hay alguna que comporta unos costes menores que el resto y ésta es normalmente la que utiliza la empresa. Pero también se pueden plantear rutas alternativas –que probablemente implicarán el uso de máquinas menos adecuadas o de personal no habituado a esta tarea y con unos costes de producción más altos– si hay una necesidad productiva que lo requiere.

El caso extremo de esta solución es la subcontratación, en la que se encarga a otra empresa la realización del proceso de fabricación de una parte del pedido (o de todo). Evidentemente el margen comercial de la empresa subcontratada aumentará los costes de producción; además, este sistema puede acarrear problemas en lo que se refiere a la calidad o al servicio que la empresa contratada ofrece, que puede ser inferior a la oferta de la empresa subcontratante.

#### 6. Variaciones en el volumen de stock

Se trataría de acumular material en los periodos de baja demanda a fin de suministrarlos en los de alta. Se aplica en el caso de productos fuertemente estacionales (ropa de baño, paraguas, etc.) e implica unos costes de mantenimiento del stock elevados y la disponibilidad de espacios adecuados para almacenar el producto durante periodos más o menos largos de tiempo. Esta solución, en general, se tiene que prever desde un principio cuando se elabora el plan de producción.

#### 7. Retraso en la entrega

Una solución en general no deseada es la entrega del producto al cliente con posterioridad a la fecha fijada. Evidentemente esto implica que el cliente tiene que estar dispuesto a esperar, pero incluso en este caso se genera una mala imagen de la empresa y del servicio que da: el cliente puede no volver a hacer contratos con nosotros y acudir a la competencia

en otra ocasión. En muchos casos esta entrega con retraso tiene asociadas unas penalizaciones económicas (es el caso de muchos contratos de infraestructuras con administraciones públicas, en los que si las obras no están listas en la fecha fijada, se descuenta una cierta cantidad en el pago final por cada día o semana de retraso en la finalización).

#### 8. Flexibilidad del personal

Si el personal de la empresa está capacitado para desarrollar diferentes actividades (personal multifuncional o polivalente), se le puede asignar en cada momento a aquellas tareas que necesitan más recursos, con lo que aumenta la capacidad productiva asociada. Esta filosofía, que comentaremos más adelante al hablar del just-in-time, ha dado muy buenos resultados en empresas japonesas. Pero en estos casos, la mano de obra debe ser cualificada o tiene que estar más formada para poder hacer las diferentes tareas.

eoi

# 5 UN PASO MÁS ALLÁ DEL MRP II (MANUFACTURING RESOURCE PLANNING)

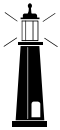
## 5.1. DEFINICIÓN DEL MRP II

Tal como hemos visto, el MRP permite calcular, mediante la exploración de las necesidades, las demandas inducidas de los productos componentes, a partir del conocimiento de los requerimientos de productos de demanda externa.

Esto se ha hecho conociendo la estructura del producto, en la que se indican todos los componentes que intervienen en la fabricación o montaje del producto acabado. Pero en la fabricación de este producto intervienen otros recursos además de las materias primas y los componentes: para el funcionamiento del sistema productivo se necesitará mano de obra, cuyo uso se podrá medir en horas-hombre; la construcción de los productos requerirá maquinaria y herramientas, las necesidades de las cuales se podrán medir en horas-máquina u horas-herramienta; las operaciones de montaje o de fabricación se realizarán en determinados centros de trabajo, que los ocuparán durante un cierto tiempo.

Haciendo abstracción del concepto de lista de materiales, podemos pensar en una lista “ampliada” en la que, además de los componentes físicos, se especifiquen los otros recursos, materiales o inmateriales, que intervienen en la producción de un artículo. Así, diremos que un sacapuntas, además de estar formado por una cuchilla, un tornillo y una carcasa de plástico, también está formado, o mejor dicho necesita 10 minutos-hombre en la sección de montaje de la empresa, donde el operario encaja los diferentes componentes, y 5 minutos-máquina para el uso de un determinado utensilio de sujeción que el operario utiliza durante este montaje.

De este modo podemos extender el concepto MRP a una idea más amplia como es el MRP II, en el que las siglas MRP ya no significan material requirement planning, “planificación de las necesidades de materiales” sino manufacturing resource planning, planificación de los recursos de fabricación.



Así, el MRP II intenta gestionar el recurso de fabricación de materiales, mano de obra, maquinaria, capital y herramientas, e integrar en un único sistema las diferentes áreas de la empresa que, de alguna forma, actúan sobre estos recursos (producción, compras, finanzas, contabilidad, inventarios, etc.), aunque pertenezcan a diferentes niveles de decisión (plan maestro de producción, cálculo de necesidades, plan de capacidades, control de planta). Además, el MRP II realiza cálculos de costes y lleva un control financiero del sistema a partir de los resultados obtenidos.

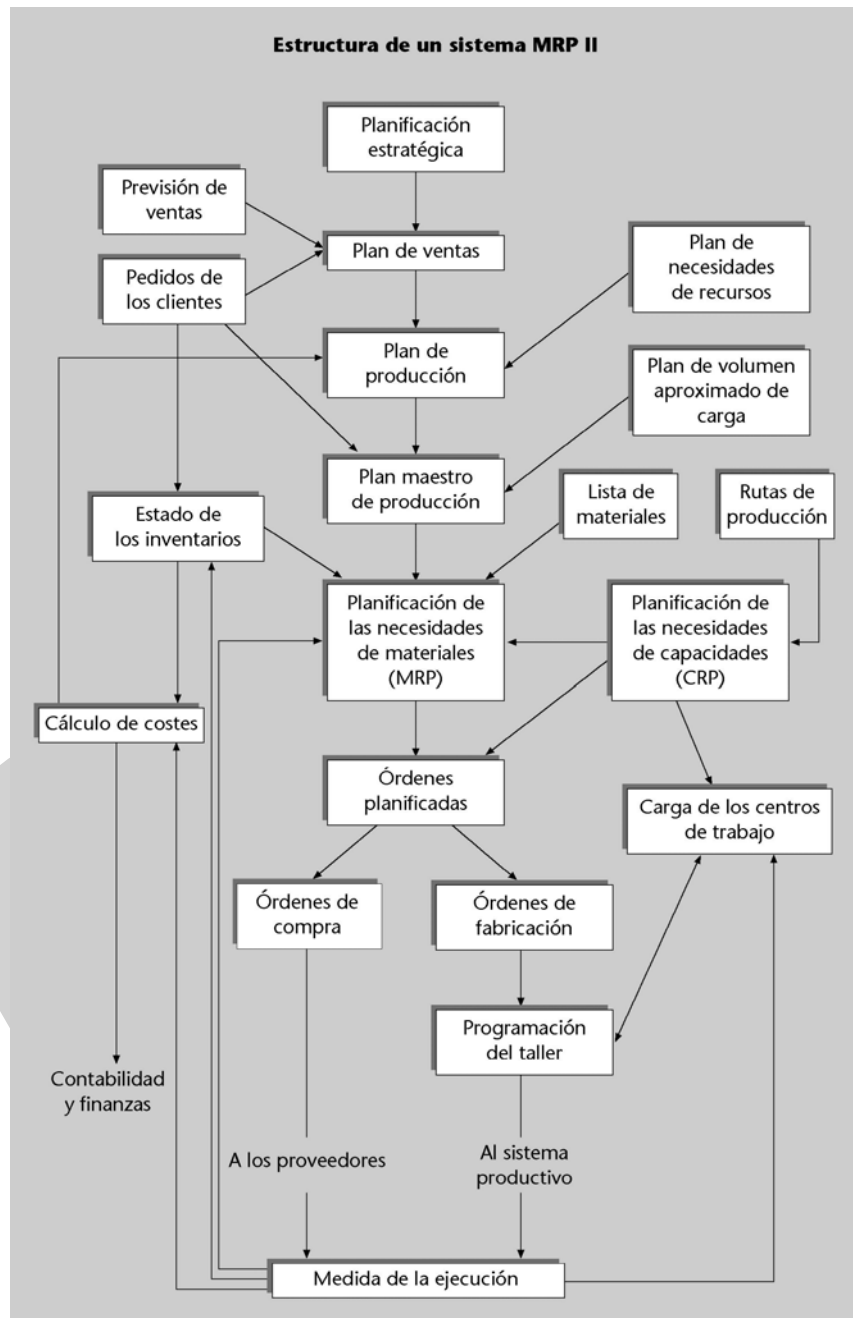


Se considera que un sistema MRP II debe tener toda una serie de aspectos asociados que le den más capacidad de gestión y de integración dentro del sistema productivo. Algunas de estas características son:



- Procedimientos que garanticen el éxito del cálculo de necesidades y que por lo tanto abarquen de un modo u otro las fases previas a la fabricación del producto: un sistema MRP II tiene que poder contribuir a elaborar el plan maestro, tiene que establecer una política de estructuración y tiene que informar sobre su factibilidad, material y financiera.
- Incorporación del plan maestro de producción, la planificación de la capacidad y el control de planta.
- Capacidad para la simulación que permita evaluar el comportamiento del sistema bajo diversas hipótesis y que actúe como un sistema de ayuda a la toma de decisiones.
- El sistema MRP II debe estar preparado para ser realimentado con los datos correspondientes a los acontecimientos que vayan teniendo lugar en el sistema productivo, lo que permitirá hacer replanificaciones sucesivas más ajustadas a la realidad.
- Tratamiento integral de los diferentes aspectos que considera, ya que coordina las diferentes áreas de la empresa y se basa en una sola base de datos.
- Participación en la planificación estratégica, en el cálculo de costes y en el desarrollo de los estados financieros.





Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

## 5.2. LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN ASISTIDA POR ORDENADOR (GPAO)

Si avanzamos un poco más en la integración de la gestión de la producción con las otras funciones de una empresa, trataremos los sistemas de gestión

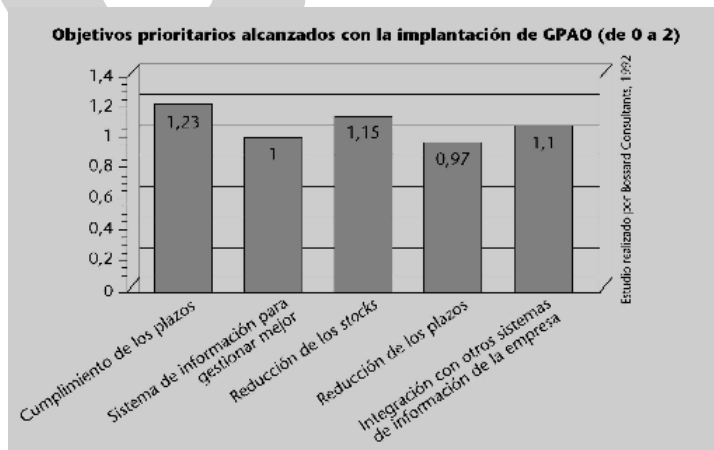
de la producción asistida por ordenador (GPAO) o, en inglés: computer aided production management (CAPM).

Desde un punto de vista estricto, un sistema GPAO no es otra cosa que un sistema informático que ayuda a la función productiva. Todos los modelos y sistemas de gestión que conocemos o que podemos definir (MRP, MRP II; JIT, OPT, PERT, etc.), si se basan en el uso de un sistema informático, responden a esta definición.

De todas formas, lo que en este apartado queremos entender como GPAO es un concepto mucho más complejo y avanzado: definiremos el GPAO como un sistema de gestión de la producción formado por una serie de programas informáticos que pretenden resolver los problemas asociados a un modelo organizativo concreto y hacer su planificación, la programación y el control de la producción de forma integrada con el resto de las áreas empresariales. De alguna manera es la culminación de un sistema MRP II.

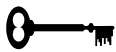
De este modo, lo que hasta ahora tratábamos como un problema exclusivo del sistema productivo de la empresa y quizá de alguna otra área aislada se extiende a otros entornos de gestión: finanzas, administración, compras, ventas, ingeniería de diseño y de producción, calidad, etc.

El planteamiento es racional, ya que el sistema productivo no es un ente individual dentro de la estructura de la empresa, sino que se interrelaciona con todas las otras áreas funcionales: el uso de unos determinados recursos productivos en lugar de otros representa unos determinados costes que deben ser considerados por el departamento financiero; el área de compras o ventas debe conocer la evolución de los inventarios y los planes de producción; el área administrativa debe prever el uso de horas extras que habrá en los próximos periodos para poder planificar las nóminas, etc.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

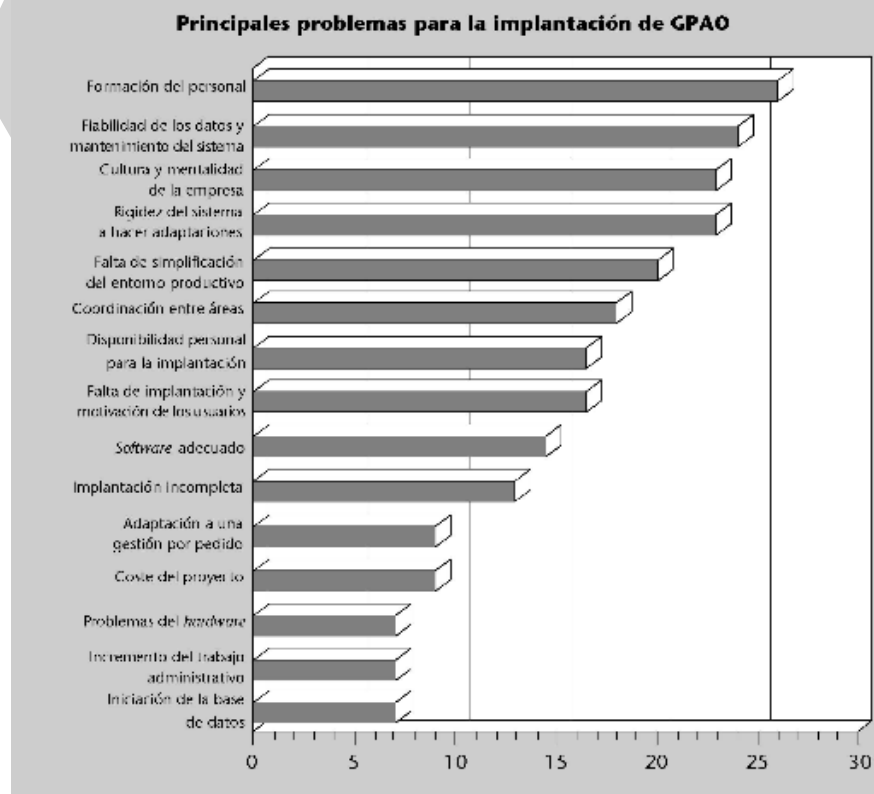




La implantación de un GPAO no implica la implantación de una técnica aislada, sino una combinación de diferentes herramientas y modelos de gestión adaptados a las necesidades concretas de cada empresa. Este tipo de sistemas son paquetes informáticos con una alta modularidad y capaces de adaptarse a los condicionamientos particulares de la mayoría de empresas de los sectores a los cuales está destinado el paquete.

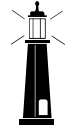
La implantación de un paquete de este tipo es compleja y larga (de seis a dieciocho meses), según el grado de desarrollo tecnológico y organizativo de la empresa en que se implanta, ya que en la mayoría de los casos representa una ruptura con el sistema de gestión de la empresa anterior y son muchos los departamentos implicados, aunque la implantación se suele hacer por etapas para evitar el impacto que puede causar un cambio excesivamente brusco y controlar los problemas que surjan.

Por otro lado, la adopción de un sistema de este tipo debe responder a una necesidad estratégica de la empresa y debe ser impulsada por la alta dirección. Hace falta una implicación de toda la jerarquía empresarial para alcanzar el éxito; además, el coste del sistema y las dificultades para implementarlo exigen el apoyo total de todos los estamentos de la empresa.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

En cualquier caso, que nadie crea que implantar el GPAO consiste simplemente en comprar e instalar uno de los múltiples programas que se ofrecen en el mercado. Se requiere una tarea previa de simplificación y organización del entorno productivo y de la empresa en general, y el paquete que se adquiera debe ser adaptado a las necesidades y condiciones particulares que se presentan. De hecho, en el sistema de selección de un sistema GPAO muchas empresas consideran como requerimiento prioritario el servicio al cliente, consultoría y asesoramiento que la empresa suministradora pueda ofrecer.



eoi

# 6 EL SISTEMA JUST IN TIME (SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE TOYOTA)

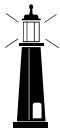
## 6.1. ANTECEDENTES E IMPORTANCIA

Las técnicas llamadas justo a tiempo (JIT: Just-in-Time) nacen a consecuencia de los esfuerzos de la empresa Toyota para poder competir con las industrias automovilísticas europeas y norteamericanas después de la Segunda Guerra Mundial.

La finalidad última del sistema de producción de Toyota es la mejora de los resultados de la empresa mediante la reducción de costes, entendiendo los costes en el sentido más amplio posible. Así, no únicamente se consideran los costes de fabricación, sino también los administrativos, los de inventario, los de ventas y en general los de todas las actividades propias de la empresa.

Este planteamiento implica la eliminación de cualquier derroche dentro de la empresa, entendiendo por derroche toda actividad que no añada valor al producto y el aprovechamiento al máximo de todos los recursos productivos incluida la mano de obra. Así, todo lo que no sea cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio, y tiempo del trabajador que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto es un derroche. De hecho, según los directivos de Toyota, se pueden diferenciar siete clases de derroche:

1. Derroche causado por la sobreproducción, considerado uno de los peores, ya que se incrementan los costes por el mayor consumo de materias primas, genera existencias innecesarias, genera confusión sobre las prioridades de producción y obliga a dedicar más tiempo a la resolución de problemas inmediatos.
2. Derroche causado por los tiempos muertos, evidentemente improductivos.
3. Derroche causado por el transporte de materiales, productos, personas, máquinas y herramientas.
4. Derroche causado por el uso de procesos inadecuados, englobando dentro de lo que entendemos por proceso: herramientas, maquinaria, métodos de gestión y control, operarios, distribución en la planta, etc.



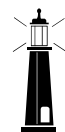
5. Derroche producido por los movimientos improductivos.
6. Derroche causado por la fabricación de productos defectuosos, que consumen productos defectuosos de la empresa y que después, o bien no pueden ser utilizados como producto final, o bien requieren un tratamiento posterior, más o menos costoso, para posibilitar su consumo.
7. Derroche causado por la existencia de stock. Según Toyota, ésta es la fuente de derroche más perniciosa, ya que los stocks, además de representar un capital inmovilizado, esconden otros problemas; por ejemplo, la fabricación de productos con baja calidad puede obligar a mantener un cierto nivel de inventario para cubrir los posibles productos defectuosos.

Para conseguir eliminar los derroches, el sistema de producción de Toyota se basa en cuatro conceptos:

1. La producción justo a tiempo (JIT: Just-In-Time); es decir, la fabricación de los productos requeridos en la cantidad requerida y en el momento y lugar en que se necesitan.
2. El autocontrol (jidoka, en japonés) o control de la calidad de los defectos, realizado en el momento adecuado por los mismos trabajadores de la línea de producción.
3. La flexibilidad en el trabajo (shojinka, en japonés) o adaptación del sistema a las variaciones de la demanda, incluyendo la adaptación del número de trabajadores.
4. El fomento de las ideas creativas (soifuku, en japonés), mediante el aprovechamiento de sugerencias del personal.

Para hacer realidad estos cuatro conceptos hay que establecer las técnicas siguientes:

- Aplicar el sistema de información kanban para conseguir un flujo continuo de producción.
- Equilibrar o nivelar la producción para amortiguar las fluctuaciones de la demanda.
- Reducir los tiempos de preparación para disminuir los tiempos de fabricación y la medida de los lotes.
- Estandarizar las operaciones para conseguir equilibrar la cadena.

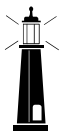


- Plantear la idea de flexibilidad en el trabajo, favoreciendo distribuciones adecuadas en la planta y la poli-valencia de los trabajadores.
- Fomentar las iniciativas y las sugerencias mediante grupos reducidos de trabajo (círculos de calidad).
- Poner en práctica el concepto de autocontrol, por el que cada empleado es responsable de la calidad de las operaciones que realiza.
- Establecer sistemas de calidad total de la empresa.
- Establecer una gestión por funciones.

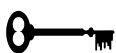


Ventajas del just-in-time	Desventajas del just-in-time
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce la inversión en inventarios.</li> <li>• Reduce los tiempos de producción.</li> <li>• Mejora la utilización de los equipamientos.</li> <li>• Mejora la calidad.</li> <li>• Mejora la productividad de la mano de obra.</li> <li>• Potencia la participación de los trabajadores.</li> <li>• Disminuye las necesidades físicas de espacio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No puede responder rápidamente a cambios en el volumen de producción o en el diseño del producto.</li> <li>• No permite tratar productos bajo pedido o variantes especiales.</li> <li>• Exige que los trabajadores tomen responsabilidades.</li> <li>• Requiere poca variabilidad en la programación diaria de la producción.</li> <li>• Exige unas condiciones contractuales específicas con los proveedores.</li> </ul>

## 6.2. LA PRODUCCIÓN JIT Y EL SISTEMA DE INFORMACIÓN KANBAN

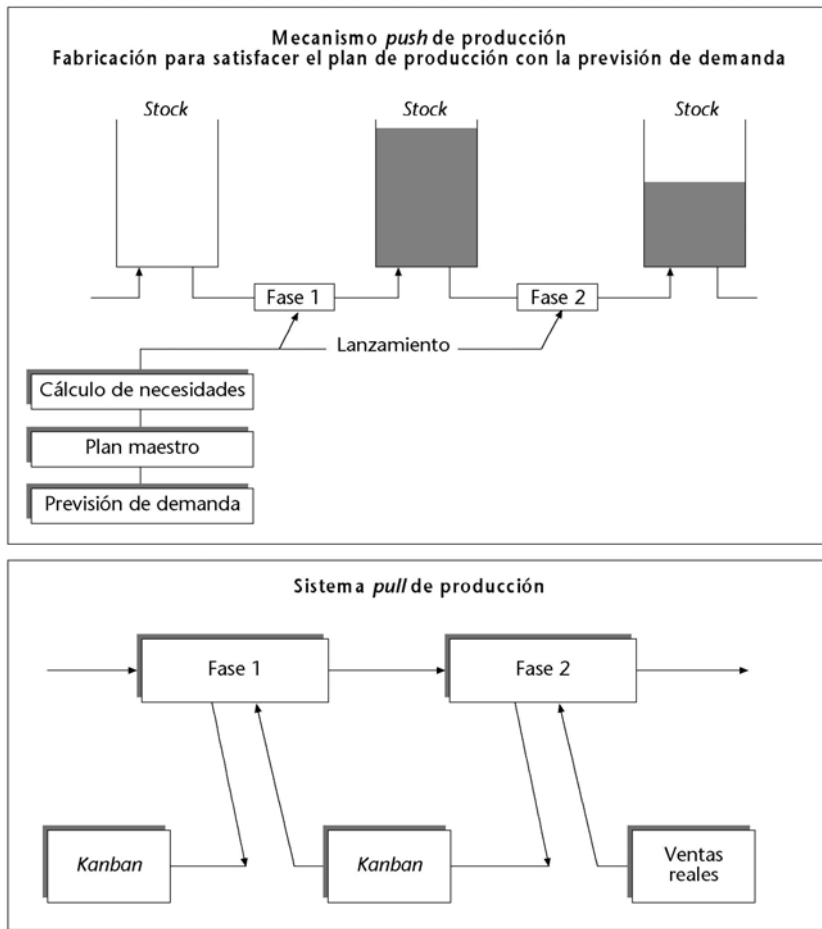


En un sistema de producción tradicional, la adaptación a las variaciones de la demanda se hace elaborando los diferentes programas de producción para todos los procesos. Así, cada proceso o subproceso productivo fabrica los elementos necesarios según estos programas para alimentar el proceso o subproceso productivo siguiente: es lo que se llama sistemas push o de empuje.

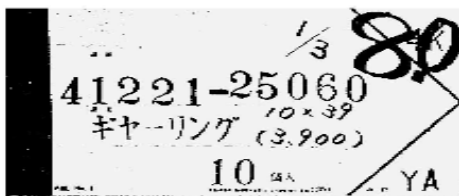


En el sistema Toyota, cada proceso recoge los elementos o piezas del anterior en el momento en que los necesita y en la cantidad en que los necesita (idea central del just-in-time); por contraposición con los sistemas anteriores, el sistema de Toyota es un sistema pull de arrastre.

**Sistemas push y pull de producción**



Este sistema productivo requiere un medio de información que permita al sistema anterior saber las cantidades que serán recogidas por el sistema posterior. El kanban es un sistema de información que sirve para controlar las cantidades producidas en cada proceso productivo. Su concepción original, toma la forma de una tarjeta introducida dentro de una funda de plástico donde se anotan el tipo y las unidades necesarias.

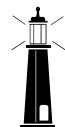


Forma de una kanban japonés

Cantidad de piezas	
Punto de consumo	
Procedencia	
Respuesta de horas	
U.P. Carrocerías	Kanban / Fabricación nº

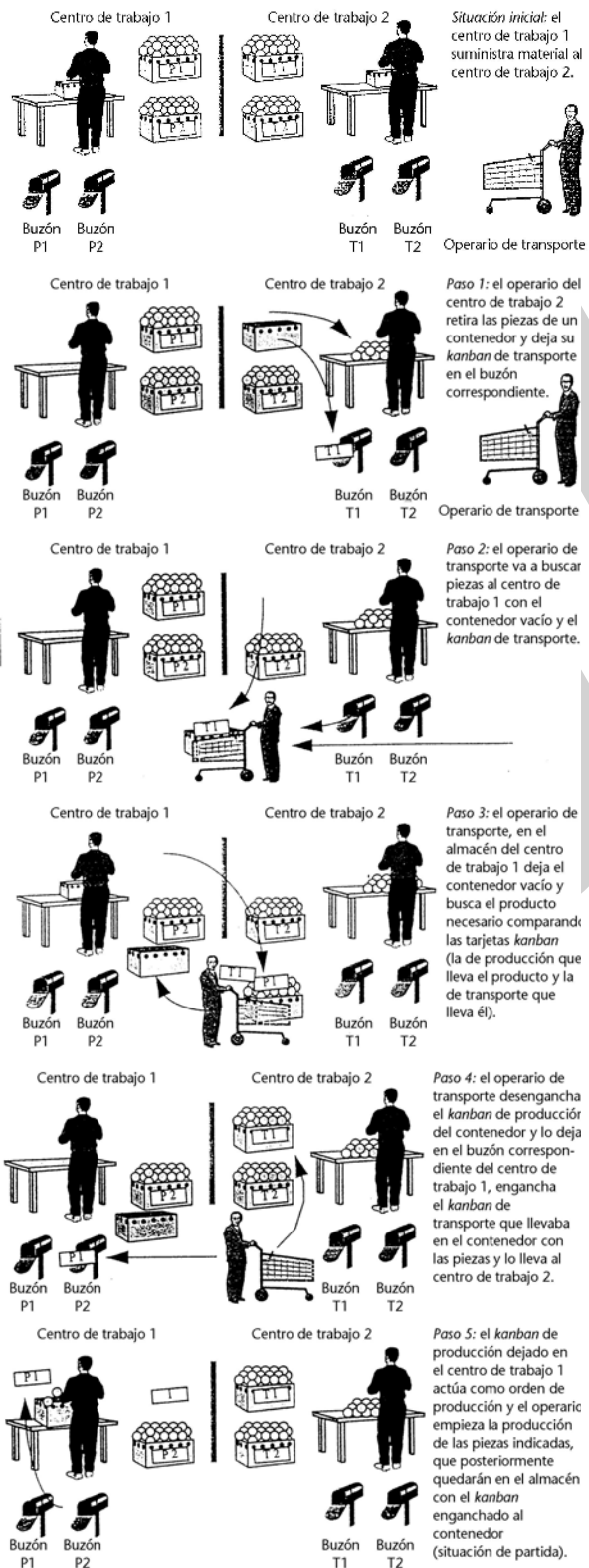
Versión española de un kanban-P

Normalmente se utiliza una combinación de dos tipos de tarjetas kanban : el kanban de transporte y el kanban de producción. El primero indica el tipo y las cantidades de producto que debe recoger el proceso posterior, y el segundo





indica las cantidades que debe fabricar el proceso anterior. Estas tarjetas pueden circular dentro de una misma fábrica, entre fábricas o almacenes diferentes de una misma empresa o entre una empresa y sus proveedores. La figura siguiente muestra el funcionamiento del sistema de información kanban:



Pero el sistema kanban difícilmente puede funcionar de forma correcta si no hay otras condiciones previas, como el nivelado de la producción, la reducción de los tiempos de preparación, la correcta distribución en la planta de la maquinaria, la estandarización de las actividades, la mejora de métodos o el autocontrol. Todos estos conceptos se comentarán en los apartados siguientes.

### 6.3. LA REGULARIDAD Y LA FLEXIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN

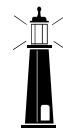
Es fácil darse cuenta, si se profundiza en el sistema de información kanban, de que éste no puede funcionar en un entorno productivo cualquiera: si la etapa de producción posterior recoge de la anterior los materiales en la cantidad y el momento en que los necesita y estas necesidades están sujetas a grandes variaciones, el sistema anterior tendrá que producir en una cantidad suficiente para cubrir la máxima variación que pueda haber en la demanda para evitar que el proceso posterior se pare por falta de suministros; pero producir para afrontar la variación máxima de la demanda va en contra de la filosofía justo a tiempo, ya que equivale no a fabricar lo que se necesita, sino a producir para el mantenimiento de un stock de seguridad que nos permite afrontar las incertidumbres de la demanda.

La solución consiste en intentar nivelar o equilibrar la demanda del proceso posterior para que la producción que debe suministrar el proceso anterior sea tan regular como se pueda. De esta manera, no habrá que establecer un stock intermedio (o éste tendrá una medida mínima) entre las dos etapas de fabricación.

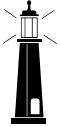
En resumen, lo que pretende es nivelar la producción minimizando las variaciones en la demanda de cada elemento, artículo o subcomponente, de forma que cada pieza pueda ser montada o encajada a un ritmo constante.

- Reducción de los tiempos de preparación

Para poder conseguir esta regularidad, debe haber una serie de condiciones, la primera y más compleja de las cuales es la reducción de los tiempos de preparación. En efecto, si queremos que de cada 10 unidades de producto, 5 sean de un tipo, 3 de otro y 2 de otro, es evidente que debe resultar rápido y fácil pasar de producir un producto o modelo a fabricar otro. Un cambio en el producto implica que se tendrán que hacer operaciones diferentes, con herramientas diferentes, con materiales y componentes diversos, y con otra maquinaria. Si tenemos que cambiar el producto que debemos fabricar muy a menudo, es obvio que el tiempo necesario para adaptarnos a la producción del nuevo artículo tiene que ser corto: esta política no sería rentable si los tiempos para cambiar de mode-



lo, que llamaremos tiempos de preparación (adaptar la maquinaria, coger las nuevas herramientas, aproximar los componentes y materiales), fuesen mayores que el tiempo dedicado a la fabricación.



#### ▪ El taller flexible

Pero, aunque queramos mantener una producción regular, siempre habrá unas oscilaciones en los niveles de demanda externa que no podremos controlar. Por lo tanto, a pesar de mantener el nivelado en la producción que ya hemos comentado, el sistema productivo tendrá que ser capaz de adaptarse a pequeñas fluctuaciones de la demanda. Para conseguirlo, hace falta lo que se llama talleres flexibles.

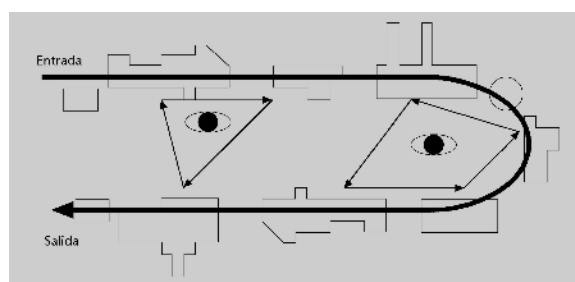
Un taller flexible se consigue con los tres factores siguientes:

- Una distribución en planta de las máquinas adecuada a las necesidades del sistema productivo.
- Polivalencia del personal, lo que se consigue con una formación adecuada de los trabajadores y mediante la rotación de los lugares de trabajo y de las tareas que debe hacer cada operario.
- Revisión periódica de los estándares de operaciones y mejora de los métodos, es decir, mejoras continuas en los métodos de producción tendentes a eliminar los movimientos inútiles y a conseguir trabajo efectivo, a equilibrar la producción entre las diferentes estaciones de trabajo y a minimizar la obra en curso de realización.

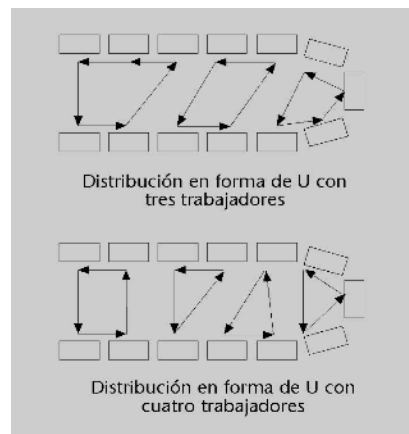
#### *Ejemplos de organización de un taller flexible*

#### ▪ La distribución adecuada a la planta

Se considera que la distribución adecuada a la planta donde un operario se encarga de una o varias máquinas del mismo o de diferente tipo, presenta una serie de desventajas, como la separación que se crea entre los trabajadores, ya que cada uno se organiza en torno a su "isla" de máquinas y mantiene una relación escasa (no puede prestar ayuda) con el resto de trabajadores y, además, entre "isla" e "isla" de máquinas se crean unos stocks de transferencia para pasar de un grupo de máquinas al siguiente.



La distribución en forma de U es, según la filosofía japonesa de producción, la más adecuada para entornos just-in-time, ya que tiene la ventaja de que se puede aumentar o disminuir el número de operarios de esta línea para adaptarse a los cambios en las cantidades que hay que producir.



▪ ¿Qué favorece la polivalencia del personal?

Con una distribución en planta adecuada, el trabajador puede manejar a la vez varios tipos de máquinas, pero tiene que ser capaz de realizar las diferentes tareas asociadas a cada una de las máquinas. Para conseguirlo, además de una formación adecuada, Toyota utiliza la rotación de tareas, de modo que cada trabajador hace una tarea diferente en su sección de forma rotativa. Esta rotación la hacen tanto los trabajadores manuales como los supervisores e incluso los directivos.



▪ ¿Qué implica y qué aporta la estandarización de operaciones?

Lo que pretende hacer la estandarización de operaciones es minimizar el número de trabajadores necesarios para las tareas productivas. Se quiere mejorar la productividad consiguiendo unos niveles de trabajo activo altos, entendiendo como tal aquel que genera un valor sobre el producto.



La ordenación estandarizada de las operaciones que tiene que hacer cada trabajador es lo que se denomina ruta estándar de operaciones. Esta ruta estándar no es un plan de trabajo fijo y predeterminado, sino que responde a una concepción dinámica: está sometida a un proceso constante de mejora para maximizar la eficacia de las tareas que desarrollan los trabajadores y reducir los tiempos de espera, los tiempos de preparación, los movimientos innecesarios, etc.

## 6.4. CALIDAD EN EL ENTORNO JUST-IN-TIME



El otro soporte básico del sistema de producción just-in-time es la calidad. Difícilmente se podrían entregar los productos en las cantidades necesarias si al acabar de fabricarlos los inspeccionásemos y nos diésemos cuenta de que algunos no cumplen los requisitos de calidad impuestos y que, por lo tanto, no pueden ser utilizados en la etapa siguiente del proceso productivo.

La filosofía japonesa entiende que la calidad no es objeto de un departamento de la empresa, sino que debe ser impulsada por todo el conjunto empresarial, empezando por la alta dirección.

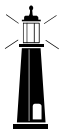


La calidad, según el modelo japonés, se basa en tres conceptos:

1. El autocontrol de cada trabajador sobre las actividades que realiza.
2. El sistema de sugerencias para mejorar la calidad del producto y del proceso.
3. Los círculos de calidad.

### 1. EL AUTOCONTROL

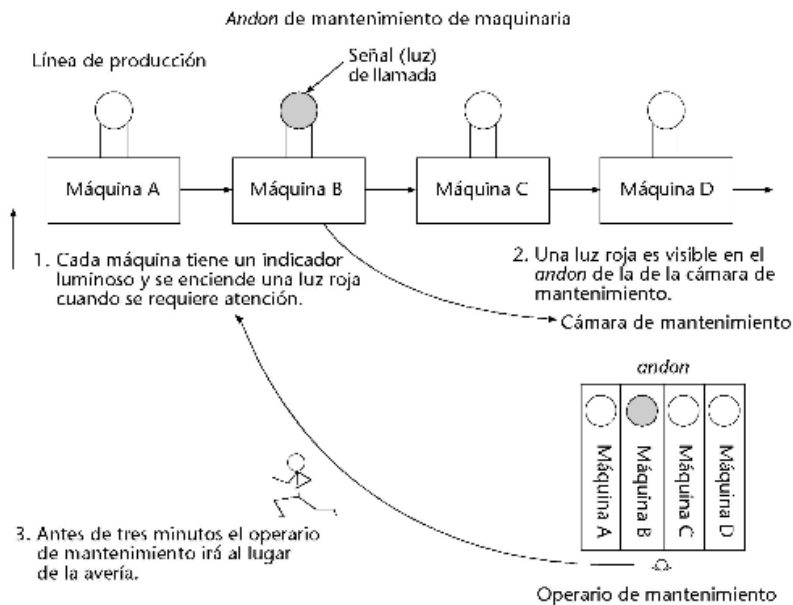
Para conseguir la producción just-in-time, es necesario que las unidades que salgan de cada etapa del sistema productivo las pueda utilizar la etapa siguiente al cien por cien (cero defectos).



El autocontrol pretende facilitar los instrumentos necesarios para evitar el trabajo defectuoso en la maquinaria o en la línea de fabricación. Cuando una unidad defectuosa continúa su recorrido a lo largo del proceso productivo, el resto de operaciones que se ejecutan sobre ella representan un derroche de los recursos, ya que éstos se dedican a un producto que, o bien será rechazado por el control final de calidad, o bien llegará al cliente con defectos, lo que repercutirá en la mala imagen de la empresa. Por lo tanto, es necesario que la fabricación de un producto defectuoso sea detectada inmediatamente a fin de poder aislarlo y separarlo del proceso productivo y evitar que continúe a lo largo de la línea de fabricación.

Además, como apoyo a los sistemas anteriores, hay una serie de controles visuales (plafones, luces) para ayudar a comprobar el funcionamiento del sistema productivo. Un ejemplo de esto es el andon, una señal luminosa situada

en un lugar elevado del taller y que con diferentes colores indica si hay algún problema, e incluso el tipo de problema, en algún punto de la planta.



Fuente: UOC Universitat Oberta de Catalunya.

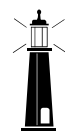
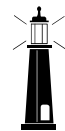
## 2. EL SISTEMA DE SUGERENCIAS

La idea consiste en aprovechar los conocimientos y las habilidades de los empleados situando buzones en los talleres, donde los trabajadores depositan las sugerencias y las ideas que tengan relación con la mejora del trabajo o del entorno de trabajo.

Estas sugerencias son evaluadas por la dirección de la empresa y, si son viables técnica y económicamente, se implantan enseguida. La empresa recompensa económica y honoríficamente a la persona que lo ha propuesto de acuerdo con la reducción de costes o las mejoras que represente la idea.

## 3. LOS CÍRCULOS DE CALIDAD

Un círculo de calidad es un pequeño grupo de trabajadores que realizan tareas similares con un líder o jefe de equipo que, con el apoyo de la organización, se reúne para identificar, analizar y solucionar problemas de la producción, y transmitir a la dirección propuestas de mejora de los métodos y sistemas de trabajo.



Los círculos de calidad son los mecanismos que el sistema de producción de Toyota ha utilizado para aprovechar al máximo el potencial de los trabajadores, que son los que conocen mejor los problemas de su trabajo y para elevar a la dirección sugerencias que permitan contribuir al desarrollo de la empresa y a la mejora del lugar de trabajo y de los métodos empleados.



**Resultados obtenidos con la implantación de las técnicas JIT en diferentes sectores industriales**

Mejoras	Prod. consumo	Prod. industr.	Job shops	Electrónica	Farmacia	Automoción
Lead time de fabricación	75%	85-91%	60-96%	20-85%	60-70%	67-82%
Tiempo de preparación de la máquina	80%	70-90%	55%	83%	45-50%	75-90%
Calidad	37%	75%	54-80%	60%		50-80%
Inventario en curso	30%	81-96%	80-96%	75-97%	60-70%	50-86%
Mano de obra directa	50%	21-25%	10-50%	10-15%	14-40%	
Mano de obra indirecta	25-50%	25-53%	25-50%	20-60%	10%	20-35%
Espacio	50%	50-63%	39-50%	30-50%	18-24%	20-70%
Coste de materias primas	10-25%	10-15%	10-15%	5-15%	5-10%	10-20%
Tiempo de recuperación de la inversión	3	12	6	4	12	6-12



eoi



# 7 GLOSARIO

- **Andon:** Plafón de luces fijado al techo que informa sobre el funcionamiento del sistema productivo (verde: normalidad, amarillo: retrasos y necesidades de intervención, rojo: parada en la línea, intervención de urgencia).
- **Artículo:** Cualquiera de los productos, subconjuntos, componentes, piezas o materiales que participan en la construcción física de un bien y que durante el proceso productivo se transforman para formar parte de él.
- **BOM :** Ved lista de materiales.
- **Cálculo de capacidades:** (También planificación de las necesidades de capacidad, en inglés, capacity requirement planning). Proceso para determinar cuántos recursos de mano de obra y de tiempo de máquina se necesitan para realizar las tareas de producción.
- **Cálculo de necesidades:** Determinación de las cantidades de todos los productos, subconjuntos, componentes, piezas y materias primas que se necesitan para llevar a cabo los planes de producción de la empresa, con indicación de las fechas en que se tiene que poder disponer de estos artículos.
- **Calidad:** Aptitud de un producto para satisfacer las necesidades o expectativas, expresadas o no, del cliente a quien va destinado.
- **Calidad total:** Manera de entender la calidad según la cual ésta no va asociada únicamente al producto, sino a toda la empresa o sistema productivo que la fabrica.
- **Capacidad productiva:** Máxima cantidad de bienes o servicios que se puede obtener en una determinada unidad productiva (empresa, sección, lugar de trabajo, etc) durante un cierto periodo de tiempo.
- **Centro de trabajo:** Lugar donde se desarrolla la actividad productiva.
- **Círculos de calidad:** Son grupos de voluntarios constituidos por operarios o por los mismos trabajadores que ejecutan el trabajo, los cuales se reúnen periódicamente y tratan de detectar problemas (de calidad, de métodos de trabajo, de producción) y de encontrar soluciones.
- **Cuellos de botella:** Operaciones que frenan o limitan el ritmo de producción, ya que el tiempo necesario para realizarlas es superior al de las ope-

raiones que las preceden, lo que hace que el material, ya sean piezas o productos, se vaya acumulando.

- **Pedido:** Orden de compra o de fabricación de una determinada cantidad de un artículo.
- **CRP:** Ved cálculo de capacidades.
- **Gestión de la producción:** Conjunto de tareas y decisiones relativas a la organización, la coordinación, la dirección y el control de un sistema productivo.
- **JIT:** Ved justo a tiempo
- **Justo a tiempo:** (en inglés: just in time) producir las piezas necesarias en las cantidades requeridas y en los momentos adecuados.
- **Kanban:** Tarjeta dentro de un sobre rectangular de material plástico. Por extensión se llama así al sistema de información basado en estas tarjetas.
- **Lista de materiales:** (en inglés: bill of materials) relación, lista o conjunto de fichas que indican todos los componentes, subconjuntos, piezas y materias primas que entran directamente en la fabricación de todos los artículos producidos por la empresa y también la cantidad que se necesita por unidad de artículo.
- **Materias primas:** Materiales, piezas o subconjuntos de procedencia exterior al sistema productivo a partir de las cuales se elaboran los productos acabados que se fabrican.
- **MPS :** Ved plan maestro de producción.
- **MRP I:** Ved planificación de las necesidades de materiales.
- **MRP II:** La planificación de los recursos de fabricación es la continuación lógica del MRP. Además de las necesidades físicas de componentes y materiales, se planifica con él el conjunto de recursos productivos.
- **OPT:** Ved tecnología de la producción optimizada.
- **PERT:** Método de gestión de proyectos basado en la teoría de grafos.
- **Plan maestro de producción:** (en inglés: master production schedule) representa lo que la empresa planea producir expresado en productos, cantidades y fechas.

- **Planificación de las necesidades de materiales:** (en inglés: material requirement planning) conjunto de técnicas que utilizan las listas de materiales, los planes maestros de producción y los datos de inventario para calcular las necesidades de materiales.
- **Planificación de los recursos de fabricación:** (manufacturing resource planning) conjunto de técnicas que, basadas en una extensión del MRP I, permiten gestionar los diferentes recursos del sistema productivo (mano de obra, materiales, maquinaria, etc.).
- **Productos acabados:** Productos que la empresa fabrica y vende al exterior, destinados a satisfacer directamente al consumidor o a las empresas que los requieren.
- **Recurso:** Cualquiera de los elementos (mano de obra, energía, maquinaria, capital, instalaciones, materiales, herramientas, etc.) que hacen falta en un sistema productivo para la obtención de un bien o servicio.
- **Recurso crítico:** Recurso que actúa como cuello de botella del sistema.
- **Rutas de producción:** Descripción de las operaciones y actividades –con indicación de los centros de trabajo donde se realizan– que hay que hacer para fabricar un determinado producto.
- **Sistema productivo:** Sistema en que unas entradas (materiales, mano de obra, energía, tecnología, etc.) se transforman en unas salidas (bienes o servicios) de más utilidad y que permiten satisfacer las necesidades de los clientes.
- **Shojinka:** Flexibilidad en el trabajo, variación del número de trabajadores de acuerdo con la demanda.
- **Soifuku:** Aprovechamiento del pensamiento creativo, de las ideas innovadoras.
- **Tamaño de lote:** Cantidad de artículo solicitada en una orden o pedido.
- **Tecnología de la producción optimizada:** (En inglés: optimized production technology ) sistema de gestión de la producción que se basa en el equilibrado del flujo productivo y en el control de los recursos que son cuello de botella del sistema.
- **Teoría de las limitaciones:** (En inglés: theory of constraints) sistema de gestión de una organización (y en particular de un sistema productivo) basado en la identificación y resolución de los cuellos de botella.

- **Plazos (de fabricación, de aprovisionamiento o de entrega):** Periodo de tiempo que transcurre desde que se hace un pedido de fabricación o de aprovisionamiento hasta que éste queda disponible para ser usado o consumido.
- **TOC:** Ved teoría de las limitaciones.

eoi

# 8 BIBLIOGRAFÍA

- Bibliografía básica
  - **UOC – Universidad Oberta Catalunya.** Administración y dirección de empresas. Cálculo de necesidades. Carles Rúa Costa.
  - **Buffa, E.S.; Sarin, R.K. (1987).** Modern Production/Operations Management (8.ª ed.). EUA: Wiley.
  - **Companys, R; Fonollosa, J.B. (1989).** Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT. Barcelona: Marcombo.
  - **Machuca, D. (1994).** Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill.
  - **Monden, Y. (1988).** El sistema de producción de Toyota. Madrid: CDN.
  - **Orlicky, J. (1975).** Material requirements planning. McGraw-Hill.
  - **Tersine, R.J. (1981).** Production operations management: concepts, structure and analysis. North Hol-land.
  - **Wight, O.W. (1981).** MRP II, unlocking America's productivity potential. CBI Publishing Co.
  
- Bibliografía complementaria
  - **Bautista, J.; Companys, R.; Corominas, A. (1995).** Seqüenciació d'unitats en context JIT. Barcelona: UPC.
  - **Companys, R.; Corominas, A. (1995).** Organización de la producción II. Dirección de operaciones 2. Barcelona: Edicions UPC.
  - **Larrañeta, J.C.; Onieva, L. (1988).** Métodos modernos de gestión de la producción. Madrid: Alianza.
  - **Vollmann, T.E.; Narasimhan, S.L. (1984).** Manufacturing planning and control systems. Dow Jone-Irwin.
  - **Wemmerlöv, U. (1984).** Capacity management techniques. Apics.