

PLANIFICACIÓN Y  
CONTROL  
DE LA  
PRODUCCIÓN

Jorge Paredes Roldán

## INTRODUCCIÓN

El presente cuaderno docente se integra al conjunto de obras que, sobre temas específicos que tienen que ver con la Investigación Operativa y la Administración de Operaciones, ha preparado el autor como contribución de su experiencia, adquirida en las aulas de las Universidad de Cuenca y de la Universidad del Azuay, a la formación de cuadros gerenciales.

La planificación y control de la producción es una de las actividades más delicadas que se tiene que cumplir en la empresa pues es la prevé lo que ha de producirse para atender las necesidades del mercado y, en base a ello, es la que dimensiona los recursos que habrá que conseguir para viabilizar el plan.

Pretendiendo presentar un enfoque completo del tema, se desarrollan aquí tres temas básicos: Los Pronósticos de la Demanda, La Planeación de la Capacidad de Producción y la Planeación de la Producción, cada uno de los cuales tiene su correspondiente desglose temático.

El texto se ofrece en la forma de archivos del procesador de palabras Word y de la hoja electrónica Excel de manera que pueda lograrse el siguiente propósito: el profesor entrega un texto teórico básico y el alumno lo devuelve enriquecido en el fondo con aplicaciones prácticas orientadas hacia su entorno a la par que adornado con los recursos de formato que la herramienta computarizada y su imaginación lo permitan. Esto consigue descartar el recurso del dictado y libera un precioso tiempo para utilizarlo en la discusión de problemas reales detectados por los propios alumnos. Lo indicado sugiere también que esta obra será la herramienta metodológica principal para el desarrollo de las sesiones de clase que toquen la temática tratada.

Cuenca, Octubre de 2001.

## PLANIFICACION Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

### 1 Introducción

#### 1.1. Ubicación de la función dentro del sistema Empresa

##### El sistema Empresa

La Empresa es un sistema y como tal posee componentes que funcionan en forma interrelacionada, bajo ciertas restricciones para alcanzar un objetivo común.

Los componentes de este sistema son las funciones que en él se desarrollan, es decir los conjuntos homogéneos de actividades que persiguen sus propios objetivos.

Las funciones que constituyen el **sistema empresa** son:

- Investigación y Desarrollo
- Producción
- Comercialización
- Compras
- Finanzas
- Contabilidad
- Legal
- Relaciones públicas
- Administración de recursos humanos

El sistema global y cada componente cuenta con una función administrativa que les permite planificar organizar, dirigir y controlar sus actividades.

##### El sistema Producción

Cada componente es un sistema por si mismo, es decir tiene objetivos y componentes. En el caso del **sistema producción** se acepta que sus subsistemas son los siguientes

- Ingeniería Industrial
- Planificación y control de la Producción
- Control de calidad
- Ingeniería de servicios.

Todos estos componentes están al servicio del componente central que es el denominado Transformación de recursos.

Es en este momento que encontramos la función de planificación y control de la producción que es materia de nuestra atención actual. Como se puede ver es un sistema cuaternario, es decir que está ubicado en un cuarto nivel jerárquico estructural dentro de la empresa, lo cual, por cierto, no desmerece su importancia en ningún momento, puesto que éste, al igual que cualquier componente del sistema, es un engranaje vital para la marcha del todo.

## **1.2 Planificación empresarial y Planificación y Control de la Producción**

### **1.2.1. Enfoque jerárquico; Fases de la planeación**

En general, la planificación es un proceso que define los objetivos de la empresa y determina los medios idóneos para alcanzarlos.

Por su parte, la Planificación de la Producción es el conjunto de actividades que hay que realizar en el futuro, tendientes a la dotación oportuna de los recursos necesarios para la producción de los bienes y servicios especificados por la planeación estratégica y el Control de la Producción es la técnica que verifica el cumplimiento de los planes correspondientes.

Desde un punto de vista panorámico, la planificación empresarial es un proceso jerárquico que comprende las siguientes fases:

- Fase de Planeación estratégica
- Fase de planeación táctica
- Fase de planeación operativa
- Fase de programación operativa
- Fase de ejecución y control de la producción.

En el libro de Excel, “Aplicación Integral”, al que remitimos al lector, se muestra el proceso configurado por estas fases, partiendo del mercado, del análisis de los entornos externo e interno de la empresa y de los recursos disponibles.

## 2. LOS PRONOSTICOS EN LAS OPERACIONES

Como ya se ha dicho, la planeación de la producción está concentrada con el desarrollo específico de la acción que ejecutará el sistema de producción, a través del tiempo. En términos generales, esto obliga a hacer pronósticos para seleccionar la mayor combinación de recursos humanos, materiales y maquinaria para producir la demanda requerida eficientemente. En términos específicos, la cantidad de unidades de producción máxima que satisfaga los requerimientos impuestos por la demanda.

### 2. 1. Definiciones de pronóstico y de predicción

**Pronóstico** es la estimación de un acontecimiento futuro que se obtiene proyectando datos del pasado que se combinan sistemáticamente, o sea que requieren técnicas estadísticas y de la ciencia administrativa.

**Predicción** es la estimación de un acontecimiento futuro que se basa en consideraciones subjetivas, diferentes a los simples datos provenientes del pasado, las cuales no necesariamente deben combinarse de una manera predeterminada, es decir se basan en la habilidad, experiencia y buen juicio de las personas.

### 2.2. Usos de los pronósticos en la empresa

Los pronósticos se requieren para:

La Planeación estratégica, incluyendo:

- Diseño del producto
- Diseño del proceso
- Inversión y reemplazo de equipo
- Planeación de la capacidad estructural

Planeación de la Producción

- Planeación Agregada
- PMP
- PRM
- JAT
- TOC
- Programación de las operaciones

Tareas de Control

- Control del sistema
- Control de la producción
- Control de inventarios
- Control de la mano de obra
- Control de costos

### 2.3. Efectos del ciclo de vida del producto sobre la metodología del pronóstico

Sabiendo que todo producto atraviesa por los momentos de Introducción, Crecimiento, Madurez y Declinación, se deben utilizar diferentes metodologías para elaborar los pronósticos o predicciones, en función de los datos disponibles y del horizonte de tiempo que se avizora. Así:

#### FASE DE INTRODUCCIÓN

DATOS DISPONIBLES:	No hay
HORIZONTE DE TIEMPO	Es necesario un horizonte largo
METODOS RECOMENDADOS	Opinión y Juicio, Delphi.- Investigación de mercado.

#### FASE DE CRECIMIENTO

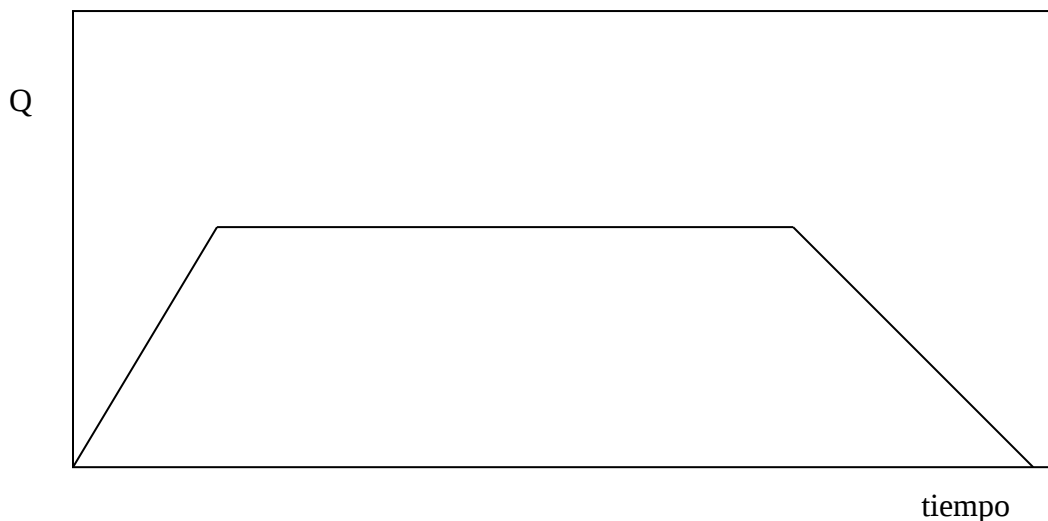
DATOS	Disponibles algunos
TIEMPO	Sigue siendo necesario un horizonte largo; las tendencias y relaciones causa-efecto son importantes
METODOS	Investigación de mercado: comparación histórica. Regresión y simulación computarizada

#### FASE DE MADUREZ

DATOS	Considerable cantidad, de todo tipo.
TIEMPO	Pronósticos a corto plazo
METODOS	Series de tiempo, Regresión, suavización exponencial, econométricos

#### FASE DE DECLINACIÓN

DATOS	Abundantes
TIEMPO	Horizonte reducido
METODOS	Los mismos que para la madurez. Además el juicio, las analogías históricas y las investigaciones de mercado pueden señalar cambios.



## 2. 4. Modelos de pronósticos útiles para las operaciones

Se puede pronosticar el futuro mediante dos enfoques:

- ⇒ el intuitivo, basado en la experiencia, que implica hacer conjeturas, corazonadas y juicios subjetivos y
- ⇒ el estadístico que maneja datos históricos.

### 2.4.1. Resumen de métodos de pronósticos más conocidos

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

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

### 2.4.2 Modelos cualitativos

Como se puede ver en el cuadro anterior, en la literatura se puede encontrar la descripción de varios métodos, que se distinguen por no tener un registro histórico de datos que los respalden, sino que se desarrollan en base a la intuición y buen juicio de personas conocedoras del asunto que se quiere pronosticar.

El método Delphi o Delfos es uno de los más conocidos.

#### 2.4.2.1. Método Delphi

En el inicio de la década de 1950 la fuerza aérea de los EEUU auspició un estudio de la Rand Corporation, llamado proyecto Delphi, que tenía que ver con el uso de las opiniones de expertos en asuntos de la defensa del país y, posteriormente, con temas de investigación y desarrollo, para obtener mejores perspectivas de situaciones o circunstancias futuras de interés estratégico de largo alcance.

El procedimiento funciona de la manera siguiente:

1. Se pide a un grupo de expertos, cuyos miembros están físicamente separados - para evitar relaciones directas e interpersonales que puedan generar conflictos o influencias dominantes de parte de los miembros del grupo que tienen carácter más fuerte - que respondan por escrito a un cuestionario respecto a una cuestión específica, como por ejemplo la estimación de ventas de producto de algún año futuro.
2. Recibidas las respuestas, el coordinador o moderador, que proporcionó la pregunta original, reúne todas las opiniones, las pone en términos claros y las edita.
3. Se informa a cada miembro del panel acerca del valor medio detectado en las respuestas además de otra información derivada de las respuestas y, si el pronóstico del experto es muy diferente de ese valor, se le pide que justifique por escrito sus razones para esa diferencia.
4. Se repite el paso dos hasta que el valor medio y los valores percentiles vigésimo quinto y setenticincoavo se estabilice de manera que en las siguientes rondas los resultados no cambien demasiado.

El resultado es un juicio compartido, en el cual pueden apreciarse tanto el rango de la opinión como las razones para las diferencias de opinión.

#### **2. 4. 2. 2. Método de Grupo Nominal**

La suposición básica de este método es que, un grupo estructurado de gente conocedora del asunto será capaz de llegar a un pronóstico por consenso. El proceso funciona de la manera siguiente:

- a) De siete a diez personas son invitadas a pasar a una sala y se sientan alrededor de una mesa, pero se les pide no cruzar palabra entre sí.
- b) El coordinador del grupo proporciona preguntas por escrito o escribe en un pizarrón el asunto que requiere de un pronóstico.
- c) Cada uno de los miembros del grupo debe escribir sus ideas sobre el problema planteado.
- d) A continuación el coordinador del grupo pide a cada uno de los participantes, por turno, que exponga una de las ideas que está en su lista; un ayudante anota cada una de las ideas en un rotafolio, de manera que todos puedan verla. En esta fase de la reunión ninguna discusión tiene lugar; los miembros continúan dando sus ideas, uno a la vez, hasta que todas han sido escritas en rotafolio. En general, entre 15 y 25 proposiciones resulta de la aportación, dependiendo de la pregunta y de las personas que forman el grupo.
- e) Durante la siguiente fase de la reunión los miembros del grupo discuten las ideas presentadas. El coordinador se asegura de que se discutan todas las ideas; los miembros pueden solicitar que se les aclaren las ideas que han sido expuestas. A menudo se combinan las ideas semejantes, lo que reduce el número total de proposiciones.
- f) Cuando han concluido todas las discusiones se pide a los miembros que voten de una manera independiente, por escrito, anotando las ideas por orden de prioridad. La decisión del grupo es el resultado matemático obtenido a partir de los votos individuales.

La técnica de grupo nominal llega a dar un pronóstico, que es la alternativa que recibe mayoría de votos de grupo. Algunas veces cuando el grupo se ha desintegrado, pueden combinarse ciertos pronósticos de mayor prioridad para dar uno basado en un consenso mayoritario. Las claves para el proceso del grupo nominal son la identificación de la pregunta



que debe ser dirigida al grupo; se permite la creatividad; se fomenta la discusión limitada y dirigida y en la última instancia el voto.

### 2.4.3. Modelos cuantitativos

#### MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO.

Estos modelos usan los métodos de series de tiempo. "Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable." Existen varios modelos y métodos de series de tiempo entre los cuales elegir y que incluyen los modelos constante, de tendencia y estacional, dependiendo de los datos históricos y de la comprensión del proceso fundamental.

Para cada modelo, se cuenta con varios métodos de pronóstico, que incluyen promedios, promedios móviles, suavizamiento exponencial, regresión y tal vez combinaciones de todos éstos.

#### 2.4.3.1. Modelos básicos de promedios

Hay diversas formas de calcular un promedio para que sirva como pronóstico:

##### 2.4.3.1.1. Promedio simple

Aquí, todas las demandas de los períodos anteriores tienen el mismo peso relativo. El promedio hace que las demandas elevadas tiendan a ser equilibradas por las demandas bajas de otros períodos, reduciendo las posibilidades de error que se podrían cometer al dejarse llevar por fluctuaciones aleatorias que pueden ocurrir en un período. Se calcula así:

$$P = (d_1 + d_2 + \dots + d_k) / k \quad (1)$$

En donde,  $d_i$ ,  $i = 1$  hasta  $k$ , es la demanda de **todos** los períodos anteriores  
 $k$  = número de períodos

##### 2.4.3.1.2. Media móvil simple

Combina los datos de demanda de la mayor parte de los períodos recientes, siendo su promedio el pronóstico para el período siguiente. El promedio se "mueve" en el tiempo, en el sentido de que, al transcurrir un período, la demanda del período más antiguo se descarta y se agrega, en su reemplazo, la demanda para el período más reciente, superando así la principal limitación del modelo del promedio simple. Se calcula así:

$$MMS = \sum D_t / n \quad (2)$$

En donde:  $D_t$  es la demanda de cada uno de los  $n$  períodos anteriores  
 "t" va desde 1 hasta "n" períodos

Hay que tener cuidado en la elección de número "n".

##### 2.4.3.1.3. Media móvil ponderada

Se aplica cuando no se quiere que todos los "n" períodos tengan el mismo peso, es decir permite asignar un peso desigual a la demanda en función de la importancia que le concede el analista.

$$MMP = \sum C_t * D_t \quad (3)$$

Donde:  $\sum C_t = 1$   
 y  $0 \leq C_t \leq 1$

Se tiene que escoger con mucho criterio los valores de los coeficientes pues de ello depende el éxito del modelo.

#### 2.4.3.2. Suavizado exponencial

La APICS ha recomendado el uso de esta técnica para sus asociados. Se distingue porque da pesos de manera exponencial a cada una de las demandas anteriores a efectos de calcular el promedio. La demanda de los períodos más recientes recibe un peso mayor; los pesos de los períodos sucesivamente anteriores decaen de una manera no lineal (exponencial).

##### 2.4.3.2.1. Suavizado exponencial de primer orden

El cálculo correspondiente requiere de 2 datos: el primero es la demanda real del período más reciente y el segundo es el pronóstico más reciente obtenido por cualquier otro método. A medida que termina cada período se realiza un nuevo pronóstico. Entonces:

$$\text{Pronóstico de la demanda del período siguiente} = \alpha \left[ \begin{array}{c} \text{demanda} \\ \text{más} \\ \text{reciente} \end{array} \right] + (1 - \alpha) \left[ \begin{array}{c} \text{pronóstico} \\ \text{más} \\ \text{reciente} \end{array} \right] \quad (4)$$

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (5)$$

Se llama exponencial este método porque, si se lo aplica para varios períodos en forma sucesiva, se puede obtener una fórmula como la siguiente:

$$F_t = \alpha(1 - \alpha)^0 D_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^1 D_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{t-3} + (1 - \alpha)^3 F_{t-3} \quad (6)$$

Como  $0 \leq \alpha \leq 1$ , los coeficiente de las D son cada vez menores, es decir decrecen en un porcentaje constante en cada uno de los período hacia el pasado.

#### Selección del coeficiente de suavización

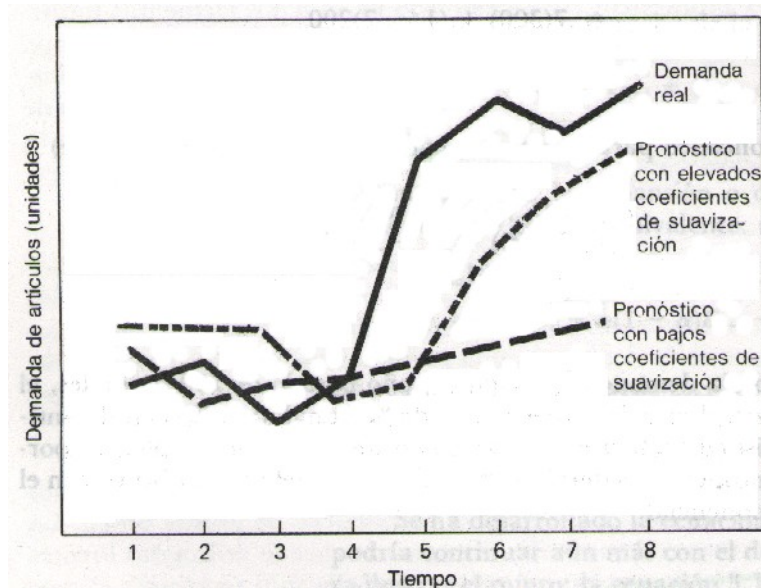
Así como sucede con otros modelos de pronóstico estadístico, en el suavizado exponencial se tiene el problema de selección de los valores de los parámetros, lo que significa que es necesario ajustar el modelo a los datos. Para empezar con el pronóstico es necesario tener un buen cálculo derivado de algún otro método, lo que se denomina pronóstico inicial o de arranque. De la misma manera, es necesario seleccionar un coeficiente de suavización  $\alpha$ . Esta selección es crítica. Como lo muestra la ecuación (6), un valor elevado de  $\alpha$  da un gran peso a la demanda más reciente, y un valor bajo de  $\alpha$  da un peso menor a la demanda más reciente.

- Un elevado coeficiente de suavización sería más adecuado para los nuevos productos o para casos para los que la demanda subyacente está en proceso de cambio (esta es dinámica, o bien inestable). Un valor de  $\alpha$  de 0.7, 0.8 o 0.9 puede resultar el más apropiado para estas condiciones, aun cuando el uso del suavizado exponencial es cuestionable si no se sabe si existen o no condiciones de inestabilidad.
- Si la demanda es muy estable y se piensa que pueda ser representativa del futuro, el pronosticador podrá optar por un valor bajo de  $\alpha$  para disminuir cualquier ruido que hubiera podido presentarse en forma súbita.

Entonces, el procedimiento de pronóstico no reacciona de una manera drástica a las demandas más recientes. En estas condiciones de estabilidad, el coeficiente de suavización podría ser de 0.1, 0.2, o 0.3.

- Cuando la demanda es ligeramente inestable, coeficientes de suavización de 0.4, 0.5 o 0.6, pueden proporcionar los pronósticos más precisos.

La siguiente figura ilustra el resultado de un pronóstico para dos distintos coeficientes de suavización para series inestables de demanda. El modelo de suavizado exponencial con el volumen mayor de  $\alpha$  da mejores resultados; se adapta de una manera más rápida al cambio de la demanda en el periodo 6 que el modelo en el que se tomó el valor más bajo de  $\alpha$ .



### Ventajas

El suavizado exponencial simple y los otros modelos de suavizado exponencial que proporcionan de una manera económica pronósticos "rápidos y fáciles", comparten las siguientes ventajas:

- ❖ Requieren muy pocos datos históricos. Para actualizar el pronóstico de un período al siguiente sólo se necesita  $\alpha$ , la demanda del último periodo y el pronóstico del último periodo. Es necesario recordar que este modelo incorpora en el nuevo pronóstico todas las demandas anteriores.
- ❖ Este modelo es eficaz, sencillo y fácil de entender.
- ❖ Se puede computarizar para familias de productos, sus partes, o sus elementos
- ❖ Sirve en los sectores de manufactura y de servicios.

### Selección de parámetros de pronósticos y comparación de los modelos

El procedimiento para seleccionar parámetros para los pronósticos incluye los siguientes cinco pasos; el quinto paso se emplea en la comparación y en la selección de los modelos.

1. Distribuir los datos disponibles en dos subconjuntos, uno para ajustar los parámetros (conjunto "prueba") y el otro para realizar el pronóstico.

2- Seleccionar una medida del error que permita evaluar la precisión del pronóstico de los parámetros que se desean probar. Tanto la DMA (Desviación Media Absoluta) como el sesgo son útiles para medir el error.

3. Elegir ciertos valores de  $\alpha$  para que sean evaluados. Emplear uno de los valores de  $\alpha$ , aplicado al modelo de pronóstico en el conjunto de los datos de prueba y registrar los errores resultantes del pronóstico. Posteriormente, seleccionar un nuevo valor de  $\alpha$  y repetir el proceso. Este proceso se continúa hasta que hayan sido probados valores representativos de  $\alpha$  dentro de la gama de valores existentes.

4. Elegir el valor de  $\alpha$  que dio como resultado el error de pronóstico más pequeño al aplicarlo en el conjunto de datos de prueba. El modelo está listo para ajustar los valores de la demanda.

5. Realizar el pronóstico con el modelo exponencial (o de media móvil) que se empleó en los datos de prueba, con el resto de los datos. Estos datos también se pueden usar para comparar modelos alternativos que se hayan implementado previamente con los datos representativos de la demanda.

Si el propósito no es comparar los modelos, no es necesario distribuir los datos; todos los datos pueden ser usados como prueba en los pasos 1 a 4.

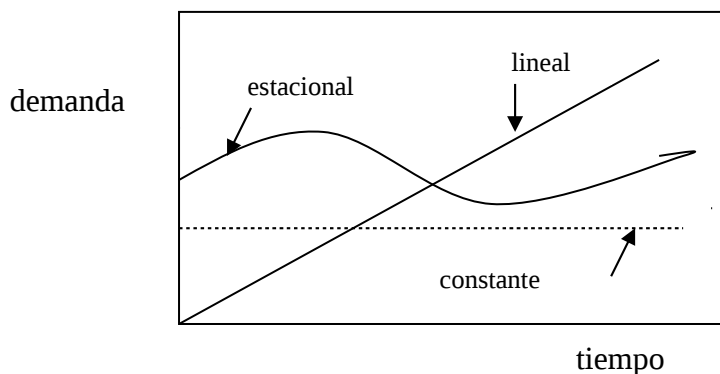
Quienes estén familiarizados con la programación por computadora pueden visualizar cómo el uso de las computadoras puede acelerar las operaciones de llevar a cabo este procedimiento.

#### 2.4.3.2.2. Suavizado exponencial adaptativo

Si, quien realiza el modelo o el administrador, no está seguro de la estabilidad o de la forma del modelo subyacente de la demanda, el suavizado exponencial adaptativo proporciona una buena alternativa del pronóstico. En el suavizado exponencial adaptativo, el coeficiente de suavización,  $\alpha$ , no siempre es el mismo; inicialmente se determina y luego se permiten variaciones de él en el tiempo, de acuerdo con los cambios del modelo subyacente de la demanda.

#### Incorporación de los componentes de tendencias y los estacionales

Los modelos de suavizado exponencial así como los modelos basados en medias móviles, pueden ser modificados para que se puedan incorporar componentes de tendencias y estacionales. En los métodos vistos anteriormente, se ha estado pronosticando toda la serie de tiempo como si sólo tuviera un componente constante (figura siguiente). Si existe una tendencia es posible pronosticar exponencialmente el componente de esa tendencia. Luego se realizaría un pronóstico compuesto superponiendo la tendencia constante y la estacionalidad.



Por ejemplo, un pronóstico constante de 1,050 unidades podría ser ajustado para una tendencia positiva que hubiera sido pronosticada exponencialmente en 100 unidades. Este total, al ser sumado con el pronóstico del periodo siguiente (1,150 unidades) podría ser ajustado posteriormente con un factor temporal de pronóstico exponencialmente multiplicativo. Supóngase que el pronóstico estacional es solamente de 90 por ciento debido a una caída natural (temporal). El pronóstico compuesto resultante es de 1,035 unidades (90 por ciento de 1,150).

Se dispone de fórmulas para modelos tales como este modelo de suavizado exponencial con una tendencia aditiva y factores temporales de carácter multiplicativo.

#### 2.4.3.2.3. Doble suavizado exponencial

El doble suavizado exponencial tiende a suavizar el ruido en series de demanda estables. El modelo es directo; suaviza el pronóstico obtenido con un modelo de suavizado exponencial de primer orden y el pronóstico obtenido mediante un modelo de suavizado exponencial doble.

$$\text{Pronóstico del período siguiente} = \alpha \left\{ \begin{array}{l} \text{Pronóstico del} \\ \text{período} \\ \text{siguiente por} \\ \text{suavizado} \\ \text{exponencial} \\ \text{de primer orden} \end{array} \right\} + (1-\alpha) \left\{ \begin{array}{l} \text{Pronóstico} \\ \text{más reciente} \\ \text{por suavizado} \\ \text{exponencial} \\ \text{doble} \end{array} \right\}$$

$$FD_t = \alpha F_t + (1 - \alpha) FD_{t-1} \quad (8)$$

Observe que  $F_t$  es el suavizado exponencial de primer orden y que debe ser calculado, aplicando la fórmula (5), antes de encontrar  $FD_{t-1}$ .

### 2.4.3.3.MÉTODOS DE DECOMPOSICIÓN DE FACTORES DE LA DEMANDA

#### 2.4.3.3.1.COMPONENTES DE LA DEMANDA.

La demanda es un fenómeno complejo que tiene varios componentes, constantes, estacionales y tendenciales, que interactúan de diferente manera por lo que es preciso identificarlos para entenderlos perfectamente.

Para ello, los datos numéricos históricos disponibles se grafican para observar si existe un patrón, y se usan para explicar el “análisis de datos de una serie de tiempo”. El resultado del análisis de datos es entender el proceso que causa la demanda. Siempre habrá alguna parte inexplicable, la componente aleatoria. Sin embargo, el modelo que se va a usar será un resultado directo del proceso que se supuso.

##### 2.4.3.3.1.1. PROCESO CONSTANTE.

Cuando el gráfico presenta una pequeña variación se dice que se tiene un proceso constante. La variación es causada por una componente aleatoria o ruido que no se puede controlar. Para un proceso en esencia constante la componente de ruido debe tener una media de cero, si no, no es ruido sino parte del proceso fundamental.

Se debe tener una razón para suponer que un proceso es constante. En un horizonte corto, muchas cosas son aproximadamente constantes.

Un proceso constante podemos considerarlo como una demanda promedio, esto es una tendencia central de los datos.

Se pueden usar muchos de los métodos descritos anteriormente para un proceso de este tipo como el uso del último dato, un promedio de todos los datos, un promedio de los datos más recientes, los promedios que toman en cuenta todos los datos, etc.

##### 2.4.3.3.1.2. PROCESO CON TENDENCIA.

Cuando los datos indican que el proceso no es constante sino que aumenta en forma estable, el pronóstico se determina con un modelo que incorpore esa tendencia.

El componente de tendencia se refiere al crecimiento o declinación, en el largo plazo, del valor promedio de la demanda.

El modelo para un proceso con tendencia lineal está dado por

$$dt = a + bt + \epsilon t \quad (8)$$

en donde **b** es la pendiente de la tendencia; **a**, representa la constante fundamental del proceso y  $\epsilon t$  el ruido aleatorio.

Si **b** es positivo, el proceso crece a través del tiempo, y una **b** negativa implica un proceso que decrece.

Para hacer un pronóstico, cuando existe una tendencia, es necesario estimar la constante y la pendiente.

### 2.4.3.3.1.3. PROCESO ESTACIONAL

Los patrones de la demanda por estación son característicos de muchas series de demanda, reflejan, por ejemplo, la estación navideña, la inactividad durante el verano y similares; son fluctuaciones que se repiten periódicamente y que, por lo regular, dependen de factores como el clima (ropa de verano), la tradición, entre otros.

Un buen modelo debe considerar la porción **constante** de la demanda, la **tendencia** y la **estacionalidad**.

### 2.4.3.3.1.4. MODELO MULTIPLICATIVO DE HOLT-WINTERS

Varios métodos consideran los tres factores, uno de ellos es el modelo multiplicativo popular propuesto por Holt-Winters. El modelo parte de lo siguiente:

$$d_t = (a + bt) c_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

en donde los parámetros son:

a = porción constante

b = pendiente de la componente de tendencia

c<sub>t</sub> = factor estacional para el periodo t

ε<sub>t</sub> = aleatoriedad no controlable.

El procedimiento, para llegar a los pronósticos, consiste, en términos generales, en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico. En este contexto, la componente constante se estima en forma independiente de la tendencia y los factores estacionales, por lo que se llama constante no estacional. De la misma manera, el factor de tendencia debe ser independiente de los factores estacionales. Los factores estacionales se pueden ver como un porcentaje de las componentes constante y de tendencia para el periodo t;

Si la demanda en un periodo dado de una estación es menor que la componente de tendencia constante, el factor estacional será menor que uno y, si la demanda es mayor, será mayor que uno. El número de factores estacionales debe ser igual al número de estaciones al año. Para pronosticar, se obtienen las estimaciones iniciales de las componentes del modelo y se actualizan usando suavizamiento exponencial.

#### Procedimiento específico:

Sea:

d<sub>t</sub> = demanda en el periodo t

M = número de estaciones o meses en el año

P = número de periodos de datos disponibles; P = mM, donde m es el número de años completos de datos disponibles

K<sub>t</sub> = estimación para el término constante **a** calculado en el periodo t

T<sub>t</sub> = estimación del término de tendencia **b** calculada en el periodo t

E<sub>t</sub> = estimación de la componente estacional para el periodo t

Con ello, la ecuación (1) se convierte en

$$d_t = (K_t + T_t) E_t + \varepsilon_t \quad (2)$$



**Entonces:**

**1. Calcular del valor inicial de  $K_t$  (término constante “a” calculado en el periodo t).** Una estimación natural es el promedio global ( $D$ ) de los datos de una o más estaciones completas. (No debe usarse una parte de una estación: si se usa sólo los primeros 9 datos de un conjunto de 12, puede obtenerse una mala estimación, porque una demanda mayor o menor en el primer trimestre no refleja la demanda promedio). El promedio de uno o más años históricos completos nos proporciona una estimación inicial de “a”. Este promedio incluye la demanda más baja del principio, lo mismo que la demanda más alta del final de los datos históricos. Cuando hay tendencia, la porción constante del proceso en el tiempo  $T$  debe corregirse. Por lo tanto para calcular  $K_t$ , la estimación de  $a$ , se necesita  $T_t$ , la estimación de “b”.

**1.1. Calcular el valor de  $T_t$  (término de tendencia “b” calculada en el periodo t)**

Se requieren al menos dos años completos de datos para calcular  $T_t$ ; con menos datos no se verá la diferencia entre la tendencia y la componente estacional. Para ello se calcula la demanda promedio para cada uno de los dos últimos años y se resta el promedio del más antiguo del promedio del más reciente. El resultado es el crecimiento en los dos años, que debe convertirse en un crecimiento estacional dividiendo entre  $M$ , el número de estaciones por año.

Entonces, para obtener el crecimiento por periodo se tiene:

$$T_t = \frac{d_2 - d_1}{M} \quad (3)$$

El promedio global se obtiene:

$$D = \frac{1}{P} \sum_{t=1}^P dt \quad (4)$$

Ahora ya se puede estimar el valor del término constante:

$$K_t = D + \frac{(P-1)}{2} T_t \quad (5)$$

**2. Estimación de la componente o factor estacional para el periodo t,  $E_t$**

Una vez que se tienen  $K_t$  y  $T_t$ , una estimación del factor estacional parecería ser la demanda en el período dividida entre el término constante. Sin embargo, debe corregirse por la parte de tendencia de la constante.

La estimación para la porción constante,  $K_t$ , se calculó de manera que reflejara el proceso en el tiempo  $T$ . Intuitivamente la porción constante del proceso en  $P-1$  debe ser más pequeño en  $T_t$ , y más pequeño en  $2T_t$  en  $P-2$ . En general una estimación de la porción constante del proceso para el periodo  $t$  ( $t < P$ ) es la estimación de la constante en el tiempo  $P$  menos la estimación de la tendencia multiplicada por el número de periodos, esto es  $K_t - T_t * (P-t)$ . Una vez hecho el ajuste por tendencia, se puede dividir la demanda real entre este valor ajustado, para obtener una estimación del factor estacional. Se calculan los factores estacionales usando la fórmula:

$$E_t = dt / K_t - T_t (P-t)$$

Luego se promedian los factores estacionales para la misma estación de cada año para eliminar el ruido; el resultado es el promedio “pt”

### **3. Normalización de factores estacionales**

Los factores estacionales, sin embargo, no necesariamente suman M. Para normalizarlos primero se determina R, que es el cociente de dividir la duración de la estación entre la suma de los factores estacionales:

$$R = M / \sum_{t=P-M+1}^P Et \quad (7)$$

Esta razón se multiplica por los factores estacionales que se tienen para obtener nuevos factores:

$$Nt = R \times Et \quad (8) \quad t = P - M + 1, P - M + 2, \dots, P \quad (9)$$

El número de nuevos factores siempre es el mismo que los periodos en la estación.

### **4. Cálculo del pronóstico**

**Con esos factores se calcula el pronóstico aplicando la fórmula siguiente:**

$$\text{Pron} = (Kt * t * Tt) * Nt \quad (10)$$

En donde N es el Factor estacional normalizado.

Ver ejemplo desarrollado en Excel en el libro “Aplicación Integral”. Recomendamos también abrir las aplicaciones que constan en el menú “Herramientas” de Excel.

#### **2.4.3.4. MÉTODOS DE REGRESIÓN**

Se los utiliza también con bastante frecuencia. No lo presentamos en este texto pues se lo supone ampliamente conocido aparte de que existen referencias bibliográficas abundantes.

## 2.5 SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONOSTICO

Se han estudiado diversos modelos de pronóstico para calcular la estimación de la demanda en la planeación y control de la producción. Ahora es necesario hacer frente a la tarea de seleccionar el mejor modelo de acuerdo con las necesidades de la empresa. ¿Cuál es el que se debe de seleccionar, y qué criterios hay que emplear para tomar la decisión?

Como se dijo anteriormente, los criterios que tienen influencia en la selección de los modelos son el costo y la precisión (error de pronóstico), tal como son medidos por MAD y el sesgo, pueden ser convertidos o transformados en términos de costos (dólares). Los costos a ser considerados en la selección de los modelos son:

- costos de implementación,
- costos del sistema y
- costos de los errores en el pronóstico.

De los tres, los costos imputables a los errores en el pronóstico son probablemente los más difíciles y complejos de evaluarse. Estos son función del ruido en la serie de tiempo, forma de la curva de demanda, longitud del horizonte de tiempo de pronóstico y forma de medición del error de pronóstico.

Diversos estudios han evaluado y comparado el desempeño de diferentes modelos. En general, cualquiera de los distintos modelos puede ser el mejor, dependiendo del patrón de la demanda, del nivel de ruido y de la longitud del periodo de pronóstico. Casi siempre, al hacer el pronóstico, se puede tener la opción de diferentes modelos, que pueden ser buenos para cualquier tipo de demanda, cuando la selección se basa solamente en el error de pronóstico.

En los estudios de carácter comprensivo se ha encontrado que el promedio simple y el promedio ponderado dan mejores resultados que el resto de los métodos de pronóstico. De estos estudios se puede concluir que la precisión del pronóstico mejora, y que se reduce variabilidad de la precisión entre las diferentes combinaciones, a medida que se utiliza una combinación de modelos de pronóstico.

Tal como lo señalan Makridakis y Winkler: "La combinación de los pronósticos parece ser una buena alternativa práctica cuando, como sucede a menudo, por cualquier causa, no puede ser encontrado, o identificado, un único modelo generador de la información o el mejor y más sencillo método sencillo".

### **DIMENSIONES DE COMPORTAMIENTO HUMANO EN EL PRONOSTICO**

Para entender algunas de las dimensiones de los pronósticos es necesario tomar en consideración el comportamiento humano, por el hecho de que los pronósticos no siempre se elaboran de acuerdo con modelos estadísticos. Las personas pueden hacer pronósticos analizando, de una manera intuitiva, los datos del pasado, e intervienen, a menudo, de otras formas en el procedimiento estadístico de pronóstico. Los pronósticos generados mediante modelos no deben de seguirse a ciegas. En este sentido, sería sensato que el gerente pida que los pronósticos generados mediante modelos sean verificados por personas experimentadas en la toma de decisiones. Las posibles consecuencias en los costos deben de ser tomadas en cuenta con sumo cuidado. Al ejecutar su trabajo, quienes toman las decisiones deben tener en cuenta factores cualitativos que no se incluyen en el modelo cuantitativo, así como, también, deben emplear el modelo de pronóstico como una ayuda", sin confiar totalmente en los resultados del modelo de pronóstico.

Muchas empresas, probablemente la mayoría, utilizan para la planificación de la producción pronósticos de carácter intuitivo. Hemos observado pronósticos intuitivos, por ejemplo, en fábricas de ladrillos así como en hospitales. Uno de los problemas para la implantación de modelos de pronóstico radica en llegar a convencer al pronosticador intuitivo en que lo haría mucho mejor si contara con un modelo.

Normalmente se sabe poco sobre la eficacia relativa de la predicción hecha de manera intuitiva. Es posible, sin embargo, proporcionar un enfoque estructurado para examinar esta área del comportamiento humano al analizar algunos de los procesos mentales que intervienen. Un pronóstico es la culminación de un proceso que consta de diversas etapas, las que incluyen la búsqueda de la información y el procesamiento de la misma. Su resultado es la inferencia o inferencias sobre el futuro, basadas en cada uno de los modelos de los datos históricos que se presentan al pronosticador.

Se puede especular sobre la existencia de ciertos factores ambientales que pueden afectar estos procesos mentales así como el resultado de un pronóstico intuitivo:

**Significación** La tarea de hacer el pronóstico en sí requiere de la consideración de un conjunto restringido de información acerca de la demanda histórica. Al tratar los temas de cómo enriquecer y diseñar puestos vemos que sí se pueden hacer tareas repetitivas que sean significativas para la persona que las lleva a cabo, consiguiéndose, en general, resultados positivos. El impartir un cierto significado a la labor de preparar un pronóstico intuitivo, puede, entonces, dar como resultado resultados más precisos

**Complejidad de los modelos.** La forma general de la función de demanda, es una variable crítica en el pronóstico de carácter intuitivo, así como también lo es en la realización de pronósticos por medio de modelos cuantitativos. Algunos estudios de comportamiento nos llevan a sugerir que los pronosticadores intuitivos pueden obtener mejores resultados con modelos de demanda lineal que con los no lineales. Además, existe una tendencia a utilizar los datos no lineales como si se tratara de datos lineales.

**Grado del ruido.** Si se obtienen suficientes datos históricos los problemas de pronóstico resultan triviales en la mayor parte de los casos. Sin embargo, la introducción de variables aleatorias a menudo hace surgir una condición de incertidumbre. Niveles de ruido demasiado altos son un obstáculo para contar con una buena base para pronosticar con precisión y, a medida que aumenta el ruido, el resultado es un pronóstico menos preciso.

**Variabilidad individual** Otro descubrimiento hecho en los estudios sobre pronósticos intuitivos es la amplia variabilidad de desempeño observada en los pronosticadores. Cuando se compara la eficacia de los pronosticadores con la de los modelos, se comprueba que muy pocos son realmente buenos. Si la planeación de la producción se basa en pronósticos muy deficientes, estas variaciones, en cuanto al desempeño, pueden resultar muy costosas.

**Desempeño individual contra desempeño de los modelos** ¿Cómo pueden compararse los individuos con respecto a los modelos de pronóstico? En los estudios realizados sobre el tema, se encontró que los modelos de suavizado exponencial basados en las demandas históricas, superaron significativamente el desempeño promedio del grupo de pronosticadores. Solamente unos cuantos pronosticadores buenos superaron a los modelos. Por tanto, el gerente de producción debe considerar a los modelos como alternativa de los individuos. En

general, los modelos son más precisos, y si una gran cantidad de elementos debe de ser pronosticada, los modelos resultan más económicos.

**Pronóstico, planeación y comportamiento** Un análisis y evaluación de la excelente literatura existente sobre la materia, permite comparar muchas de las dimensiones del modelamiento y actitudes psicológicas al momento de pronosticar, planear y tomar decisiones. Muchas limitaciones y sesgos en el procesamiento de la información, que incluyen juicios y razonamientos humanos, se aplican por igual en el pronóstico y en la planeación. Los errores que se han encontrado en los procedimientos de pronóstico incluyen la acumulación de información redundante, la falla en la búsqueda de posibles pruebas que permitan no confirmar las hipótesis realizadas, y un exceso de confianza en la emisión de juicios. Además, se ha dado una atención insuficiente a las implicaciones de numerosos estudios que muestran que el razonamiento predictivo de los seres humanos a menudo es menos confiable que el de los simples modelos cuantitativos. Los que estén interesados en los aspectos de comportamiento en la predicción o en las interacciones entre el pronóstico y la planeación deben examinar el análisis comparativo más detalladamente.

### **3. INTRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA CAPACIDAD**

#### **3.1. Proceso de planificación y control de la Capacidad**

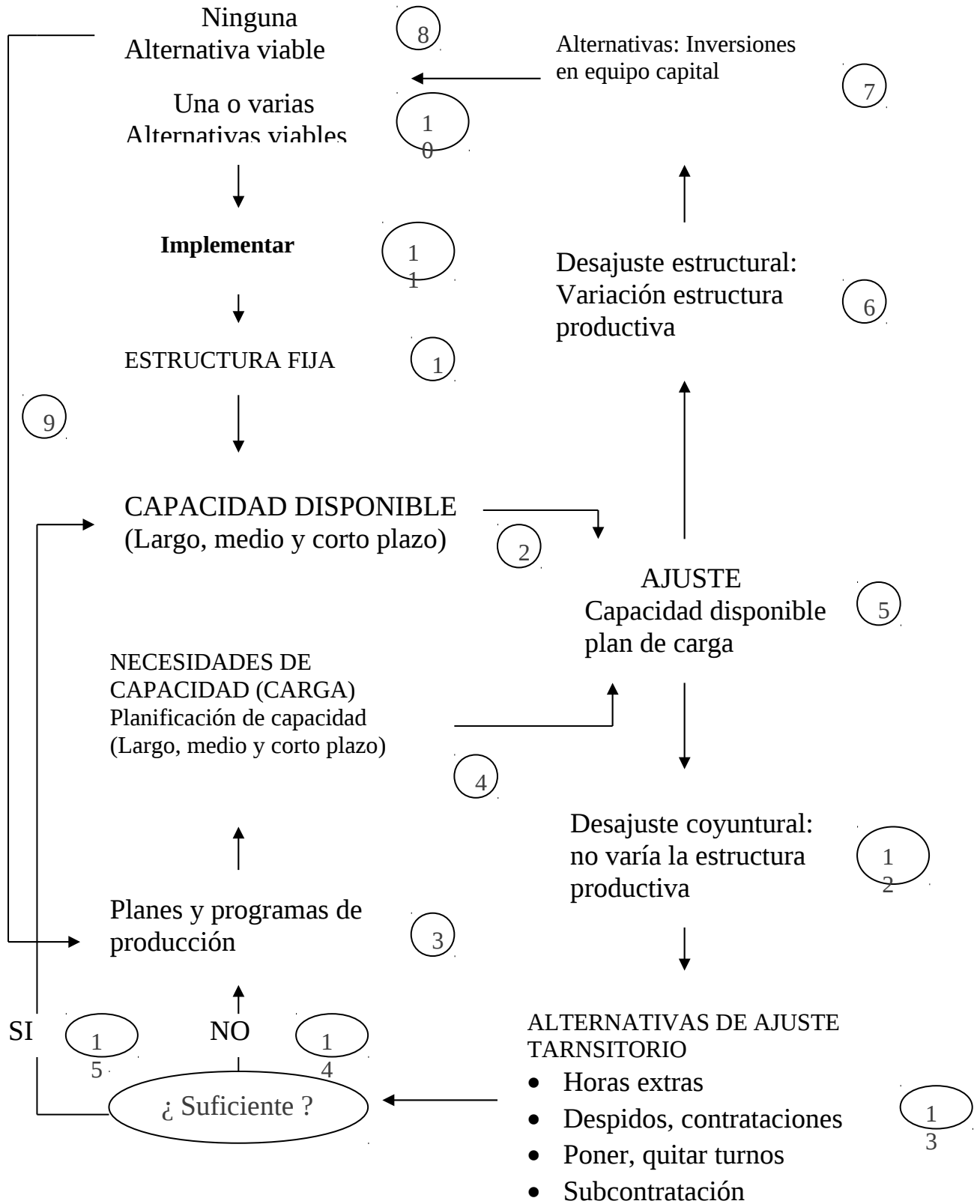
**DEFINICION DE CAPACIDAD:** Es la cantidad de producto que puede ser obtenido por un centro de trabajo o unidad productiva durante cierto tiempo.

**OBJETIVO:** La planificación y control de la Capacidad tiene como objetivo adecuar permanentemente la capacidad de la planta (contraerla o expandirla) en función de la variación de la demanda .

La variación puede tener una tendencia creciente y constante o puede ser sólo estacional lo que determina la necesidad de establecer estrategias pertinentes para el ajuste de la capacidad. Es decir, hay que establecer horizontes de planificación a Largo Plazo, Mediano Plazo, Corto Plazo o Plazo Inmediato para ubicar correctamente el problema de la capacidad,

El siguiente modelo muestra el proceso que se debe seguir para planificar apropiadamente la capacidad.

**PROCEDIMIENTO GENERAL PARA P. Y C. DE CAPACIDAD**



### **3.2. Estrategias para adecuar capacidad disponible**

Cuando las disponibilidades de capacidad se ven desbordadas por una demanda inusual, hay que analizar el fenómeno para determinar si se trata de algo que puede constituirse en un hecho permanente o si, por el contrario, sólo es una situación pasajera.

#### **3.2.1 Modelos de decisión para planeación de la capacidad estructural**

La caída o crecimiento continuado de la demanda o las estrategias de crecimiento, las de penetración en el mercado, las de diversificación de la producción, las de reingeniería de procesos, etc., que se propongan en la planeación estratégica, pueden exigir un ajuste a la estructura fija de la capacidad con la consiguiente necesidad de tomar decisiones pertinentes.

Esto, que es un asunto de Planeación Estratégica, puede conducir a que la cúpula administrativa tenga que elegir de entre varias alternativas que resuelvan el problema en base al análisis de factores relevantes.

En general, la decisión, en condiciones de crisis, cuando el recurso financiero es escaso, o cuando el suelo es muy costoso o cuando las condiciones laborales son muy rígidas, exigirá prudencia y frugalidad, es decir, se debe aumentar la capacidad fija tal como se aumentan los empleados: en pequeños incrementos a medida que crece la demanda.

Una buena política para crecer en pequeñas dosis puede ser la de fabricar sus propios equipos o sus propias herramientas. La compra se puede dejar para cuando se necesiten conocimientos expertos o avanzados de los que no disponemos.

Si actualmente la empresa ya cuenta con una máquina grande que funciona bien pero el coste de capital no recuperable de la misma inhibe el cambio, lo mejor sería conservarla por algún tiempo y dedicarla a una familia de productos en cierta parte de la planta y comprar una máquina pequeña para dedicarla a una segunda familia en otra parte de la planta, y, con el paso del tiempo, seguir añadiendo máquinas pequeñas, generándose así fábricas dentro de la fábrica.

En esta etapa de planeación se pueden presentar como opciones de crecimiento la automatización de procesos, la robotización o la adquisición de máquinas de gran capacidad. pues, en muchas empresas se asume que la automatización y la robótica son soluciones primordiales para compensar los altos costos de la mano de obra o para incrementar la capacidad estructural de la planta. Sin embargo, esta premisa no siempre es cierta. Estas alternativas merecen ser analizadas con atención. En efecto:

##### **3.2.1.1. Automatización de procesos**

La automatización vale la pena si mejora el uso y el coste del recurso humano. Pero comparar una persona con una máquina no es válido. Los estudios de factibilidad relativos a equipos se valen de cifras obvias, y rara vez tiene en cuenta las muchas maneras de mejorar considerablemente con el personal y los equipos que ya se tienen.

Oponerse a los equipos no es racional, pero primero entendamos el concepto de aprovechar al máximo el equipo que ya se tiene.

Consideremos el caso, mencionado con frecuencia en la literatura especializadas, de la planta de motores N° 9 del Toyota. Allí funcionan equipos que ya tienen más de 20 años trabajando.



Durante este tiempo se han reconvertido de tal modo que marchan a la perfección. Interruptores y ojos eléctricos verifican, cuentan e indexan. Si una máquina se descompone o hace una pieza defectuosa, se enciende un gigantesco tablero de señales jidoka que pide ayuda para resolver el problema. Los problemas de calidad se corrigen a la primera señal; pocas piezas se tienen para rehacer y casi no es necesario mantener existencias de reserva para el caso de mala calidad.

La planta funciona con sólo dos turnos; el mantenimiento preventivo se efectúa entre los turnos y durante las horas del almuerzo.

La mayoría de las máquinas se pueden preparar en uno o dos minutos de manera que no es necesario fabricar lotes grandes. La planta fabrica una gran variedad de motores y los entrega cada hora a la planta de montaje adyacente. Sin grandes lotes, no hay amplias zonas de almacenamiento ni equipos de gran capacidad para almacenamiento y manipulación. Su ausencia permite que se apiñen máquinas y procesos en un espacio pequeño. Un operario puede accionar varias máquinas sin perder tiempo caminando de un sitio a otro; las tareas con cada máquina son breves, gracias a mejoras técnicas tales como dispositivos de carga y verificadores automáticos. Siendo así ¿para qué usar robots?. No los hay en esa planta, que es una de las más viejas de la Toyota.

### **3.2.1.2. ROBOTS**

En algunos países los robots se están instalando a un ritmo inexorable y, por el momento, suscitan pocas voces de alarma. Pero vale la pena analizar un poco este asunto tomando como ejemplo el caso de la IBM que implantó una fábrica robotizada para un nuevo producto, la unidad 3178 bajo la modalidad FFC, “Fabricación de Flujo Continuo”, nombre puesto en lugar de JIT.

Las siguientes características hacen del 3178 un producto de bajo costo:

**DISEÑO:** es una unidad de “vainilla únicamente”, es decir sin accesorios ni opciones. Tiene muy pocas piezas y casi ningún tornillo. El Montaje es casi todo a presión.

**CALIDAD Y ADQUISICIÓN:** La mayor parte de los componentes son comprados, no elaborados en la IBM. No es necesario inspeccionar las piezas compradas al recibirlas porque IBM dedicó tiempo necesario para certificar la idoneidad de sus proveedores. Estos son de pequeño número de modo que no era imposible reunirse con ellos para ayudarles con la garantía de calidad.

En estas condiciones era inevitable que el costo sea bajo, sin considerar el uso de los robots, porque, además el trabajo se realiza en una célula compacta y se emplea poco tiempo para transformar las materias primas en bienes totalmente acabados y embalados.

Los robots, a pesar de costar centenares de miles de dólares, en si mismos no son tan caros, pero requieren de un gran número de ingenieros de producción para planearlo todo y un gran número de técnicos en equipos para la instalación y solución de problemas. ¿Y si todos los robots se reemplazaran por personas? A veces los robots tienen la capacidad que los humanos no pueden igualar, de hacer productos de calidad constante. Sin embargo, la fabricación de la unidad 3178 no parece encerrar tareas exigentes que los hombres no pudieran cumplir bien en forma repetitiva. Además los dispositivos para detección de errores ideados por el mismo grupo de trabajo podrían captar los pequeños errores inevitables en el trabajo humano.

Con los robots, el precio unitario del producto resultó ser bajo porque los altos costos de

preparación se amortizan distribuyéndolos en un gran volumen de ventas. Si los montadores hubieran sido personas, los costes variables serían mayores y los fijos serían menores. El costo total por unidad podría ser más alto, pero ¿quién sabe?.

Una cosa es segura. Si el producto fuese hecho por hombres, éstos podrían diagnosticar y resolver problemas. Podrían trasladarse fácilmente a otras funciones, si las ventas disminuyeran o fluctuaran localmente. Si fuera necesario aumentar la producción podrían agregarse más hombres. La fuerza laboral humana se adaptaría fácilmente a un nuevo producto en el momento de reducirse las ventas del 3178. Los robots son muchísimo menos flexibles que las personas.

En el caso de empresas de BVBC, (Bajo Volumen y Bajo Costo), el uso de robots simplemente está descartado. Lo que hay que hacer es planificar el proceso como si fuera a ser operado por robots y luego, no comprar la máquina. Este proceso se conoce como preautomatización cuyo objetivo es hacer posible y fácil que una máquina no pensante, robot, cumpla un trabajo. El proceso pretende:

Acortar la distancia para alcanzar cosas.

Acortar las distancias de flujo

Colocar todas las herramientas y piezas cerca y en su sitio preciso.

Diseñar paquetes, recipientes, estantes y accesorios de manera que cada pieza y cada herramienta esté en la dirección correcta y sea fácil de coger.

Diseñar dispositivos automáticos de verificación que sean sencillos y que capten los errores comunes (pokayoke)

Un producto diseñado para facilitar su montaje con robot también es mucho más fácil de montar manualmente.

Este mecanismo revelaría aquellas tareas que un humano no podría hacer de la misma manera, en el mismo ciclo invariable y con la misma calidad asegurada y a lo largo de todo el día (esos campos suelen ser los de pintura y soldadura)

### **3.2.1.3. Adquisición de grandes equipos o “La economía de escala”**

El concepto de economía de escala lleva a escoger la máquina más grande del catálogo para tratar de producir al mínimo costo. Sin embargo, los costos obvios: costo amortizado de la máquina y de la mano de obra que la acciona, apenas si rayan la superficie. Hay que prestar atención a otras características de la máquina, que en conjunto pesan más que los costos superficiales:

Rapidez con que se puede preparar la máquina

Facilidad con que se realiza el mantenimiento

Facilidad con que se traslada la máquina

Facilidad con que la máquina se puede graduar de acuerdo al ritmo de trabajo en los siguientes procesos y según los altibajos de la demanda final.

Precio lo suficientemente bajo como para que se puedan comprar otras máquinas iguales con el tiempo, a medida que aumente la demanda

En épocas de rápido crecimiento de la demanda se puede estar tentado a adquirir una supermáquina para satisfacerla, pero hay que saber que una supermáquina es como el león del circo que exige alimentación periódica, y come mucho. Hay que domarlo.

Por ello, hay que considerar la bondad de asumir una estrategia de alto riesgo que implica el

hecho de adquirir una máquina muy grande

Lo que conviene es trabajar con una estrategia de bajo riesgo que implica comprar capacidad en incrementos pequeños, a medida que crezca la demanda. Si esta no crece, suspender nuevas adquisiciones, aplazarlas o cancelar pedidos de nuevas máquinas.

Si hay que comprar las nuevas máquinas, éstas deben líneas de flujo nuevas dentro de la fábrica, con la posibilidad de que si alguna máquina clave de alguna línea se para, las otras líneas podrán suplir su ausencia. Además con diversas líneas se puede producir varios objetos al mismo tiempo, cambiar de modelo rápidamente, etc. Las líneas compiten amistosamente y se respaldan mutuamente.

En conclusión, las empresas deberían tratar de simular la modalidad japonesa: invertir en la mejora de la capacidad de equipos y proceso actuales, perfeccionando la maquinaria vieja, a la que no se la dejó deteriorarse, antes que reponerlas con equipos nuevos.

El proceso de tomar decisiones requiere que se construyan modelos de Investigación Operativa, como los que se presentan a continuación, para obtener información cuantitativa para resolver el problema.

#### **3.2.1.4. Programación lineal**

La Programación Lineal en muchas ocasiones es una herramienta eficaz para plantear y resolver el problema planteado. En efecto, mediante esta técnica se puede identificar con precisión el Recurso Cuello de Botella al que hay que atacar preferentemente y luego a los otros RCB que pueden asomar una vez resuelto el problema original.

#### **3.2.1.5. Árboles de decisiones**

La incertidumbre que rodea al proceso de tomar decisiones, como las que estamos tratando, es algo que no se puede soslayar. Una herramienta que ayuda a aclarar el panorama bien puede ser la denominada “Árbol de decisiones” que, como se sabe, permite identificar una serie de decisiones que se puede tomar como consecuencia de la interacción de una decisión y los eventos de la naturaleza que pueden ocurrir como consecuencia de aquella.

#### **3.2.1.6. Punto de equilibrio**

Cuando los costos fijos y variables son lo que predominan en el criterio de los que deben adoptar una decisión, el conocido análisis del Punto de Equilibrio ayuda mucho en ese delicado proceso, tanto más si se lo utiliza conjuntamente con otros modelos.

#### **3.2.1.7. Ponderación de factores**

Este es otro procedimiento que facilita la tarea de tomar decisiones cuando se tiene un conjunto de opciones mutuamente excluyente. La ponderación, que refleja la importancia que se concede a las variables relevantes del problema, indudablemente que es una ayuda en este difícil camino de reunir información para adoptar una decisión.

### 3.2.2. Ajustes transitorios

Si se decide que la demanda inusualmente alta es pasajera, no conviene intentar un ajuste a la capacidad estructural; lo que habría que hacer es tratar de superar la coyuntura, de la mejor manera posible. Existen muchas posibilidades de ajustar la capacidad disponible. Del Cuaderno Docente N° 13: TOC, capítulo que trata acerca de cómo elevar el Recurso Cuello de Botella de la producción, rescatamos la introducción y algunas opciones.

Como la capacidad de un recurso cuello de botella interno tiene que ser menor a la demanda, para que justifique su tipificación, hay que buscar la posibilidad de incrementarla, sin tener que agrandar el equipo actual o agregarle otro adicional. A esto, que se llama “elevar la capacidad de la restricción” debido a que trata de hacer posible un desempeño más elevado en relación a la meta, se puede llegar probando las siguientes recomendaciones:

1. Determinar la mezcla de productos que maximice la utilidad global de la empresa
2. Verificar las especificaciones de los productos y del proceso de producción para comprobar la necesidad ineludible de que los materiales pasen por el recurso cuello de botella
3. Usar rutas alternativas transitorias
4. Rectificar permanentemente la ruta del proceso dentro de la planta
5. Contratar o despedir personal no permanente
6. Reprogramar vacaciones
7. Convocar a trabajar en horas extras
8. Movilizar internamente al personal, desde recursos no cuellos de botella al recurso cuello de botella
9. Revisar los objetivos de los sistemas de pagos de premios o incentivos al personal
10. Hacer mantenimiento productivo a las actuales instalaciones.
11. Hacer mantenimiento productivo y volver a instalar equipos antiguos que fueron descartados por los actuales
12. Reprogramar tareas de mantenimiento preventivo de la planta
13. Evitar paros operacionales, no importa la razón que pudiera provocarlos (tomar refrigerios, pedir instrucciones, etc.)
14. Reajustar el tamaño de los lotes pedidos como paso previo a la programación de la producción
15. Programar la producción de modo que los puestos de trabajo anteriores al recurso cuello de botella le proporcionen, JUSTO A TIEMPO, los materiales suficientes y necesarios para evitar su paralización por carencia
16. Quitar carga al recurso cuello de botella pasándola a recursos no cuellos de botella
17. Programar el recurso cuello de botella dando prioridad a componentes que integren productos que incrementen el throughput y que se requieran de inmediato para cumplir pedidos a tiempo
18. Asignar todo el personal idóneo que requiera el recurso cuello de botella para evitar paros por alistamientos externos o internos
19. Procesar sólo partes que han pasado previamente por auditoría de calidad
20. Procesar bien las partes para que pasen por el control de calidad posterior
21. Considerar la posibilidad de entregas de pedidos con retrasos
22. Subcontratar con terceros la ejecución de todo o parte del proceso de producción
23. Conformar, en época de baja demanda, stock de inventarios para satisfacer demandas inusuales.

Queda en el criterio de los administradores del proceso el decidir cuál o cuáles de estas opciones tomar, para lo que tiene que escoger las variables relevantes que crea pertinentes,

como las limitaciones que impone el entorno, el marco legal laboral, las políticas de la empresa, la factibilidad de implementarlas en un plazo razonable, el sigilo ante la competencia, etc. Naturalmente que uno de los factores fundamentales para el escogitamiento es el costo de implementación de la estrategia.

### 3.4. Tipos de capacidad

#### Capacidad Necesaria

Es la que resulta de aplicar a cada producto considerado en el Plan Agregado, en el PMP, en el PRM o en la Gestión de Talleres, el tiempo estándar correspondiente. Según el nivel de planificación mencionado, se habla de realizar una Planificación de Necesidades de Recursos (Resource requirements Planning RRP), o una Planificación aproximada de la Capacidad detallada (Rough-cut capacity planning), o una Planificación de capacidad detallada o las técnicas de Carga Finita o de Carga Infinita, respectivamente.

El análisis de cada una de esas técnicas se hará en el contexto del estudio de cada fase de planificación, para que sea más fácil su comprensión y resalte el papel que juegan en cada caso. No obstante, dado que hay aspectos comunes a estas técnicas, como el asunto de los tiempos de carga que genera la obtención de los productos o componentes en los centros de trabajo, los cuales a su vez dependen de las operaciones que aquellos conllevan y los tiempos de suministro de materiales o componentes necesarios para armar un producto, a continuación se hacen algunas consideraciones pertinentes.

### 3.5. Capacidad Disponible

A la necesidad de capacidad se opone la disponible.

#### 3.5.1. Tipos de Capacidad disponible

Se consideran varios conceptos de capacidad disponible en atención a las diferentes fases del estudio de planificación. Así:

##### 3.5.1.1. Diseñada, Real, Máxima, Demostrada

**Capacidad diseñada:** es el volumen de producción para el que fue diseñado el recurso. Sería el output máximo bajo condiciones ideales. Se lo trata como algo teórico pues, muchas situaciones ocurren que impiden que se pueda alcanzar esta capacidad.

**Capacidad real o disponible:** constituye el volumen de producción realmente logrado. Se lo calcula aplicando a la capacidad diseñada los coeficientes de eficiencia (E) y de utilización (U)

**Capacidad máxima:** se entiende que es el volumen que se podría obtener operando 24 horas al día, 7 días a la semana. Es un concepto más bien teórico dado a que difícilmente se alcanzarán estas condiciones en la práctica.

**Capacidad Pico:** Se la conceptúa como la suma de la capacidad que se podría lograr en las circunstancias normales de producción, más la derivada del uso de todas las posibles medidas de aumento transitorio. Este concepto ocurre de manera puntual y no puede sostenerse indefinidamente en el tiempo.

**Capacidad demostrada:** es la que se ha conseguido en el pasado.

### 3.5.2. Unidades de medida

No existe una unidad universal de capacidad, ni siquiera una norma genérica sobre ella, sin embargo, es usual que la capacidad se la mida desde el lado de los recursos o desde la perspectiva de los productos.

Según los productos, se dice, por ejemplo: coches por semana, barriles de cerveza por día, etc., pero esta forma sirve preferentemente para horizontes de largo plazo y en forma limitada pues, para efectos de la planificación y control de la capacidad, hay muchos problemas en su uso.

Lo que recomienda la experiencia es definir una unidad en función de los recursos empleados. Hasta hace poco, la unidad más utilizada ha sido la hora de trabajo directo de la mano de obra aplicada a la producción y asignable a un trabajo concreto. Si embargo ahora hay que elegir una unidad de medida respecto del recurso CLAVE del proceso, que puede o no ser la mano de obra. (ver T.O.C.)

El recurso clave que se ha de considerarse para definir la unidad de capacidad se puede identificar considerando los siguientes criterios lógicos:

- Los que implican una gran inversión de capital
- Los que nutren a otras instalaciones o centros de trabajo
- Los que presentan colas de espera o cuellos de botella
- Los que requieren largo tiempo para aumentar su capacidad
- Los que requieren de mano de obra especializada con largos períodos de entrenamiento,
- Los que exigen estabilidad en el empleo,
- Etc.

Esto no va a impedir que, cuando se requiera, se puede partir de esta unidad de capacidad para encontrar la capacidad en función de los otros recursos.

### **FACTORES DE AJUSTE A LA MEDIDA DE LA CAPACIDAD**

Para que la unidad sea, realmente, homogénea y representativa de la Capacidad Disponible y de la Utilizada o de Carga, hay que precisarla en función de los factores de utilización y de eficiencia.

#### **FACTOR DE UTILIZACION, U**

Dado que es imposible utilizar toda la capacidad del recurso en un determinado período, hay que calcular U que es el cociente de dividir el Número de Horas Productivas (Nhp) para el Número de Horas Reales (Nhr) por período, así:

$$U = Nhp/Nhr \text{ de donde } Nhp = U*Nhr$$

Se lo interpreta como la proporción de tiempo en que realmente se utiliza el recurso.

Este factor se puede calcular para cada empleado o para toda la sección, según sea necesario. Los datos surgen de la observación directa.

### **FACTOR DE EFICIENCIA, E**

Este factor muestra la forma como cada individuo o recurso realiza una misma tarea. Este factor es diferente en cada caso ya que cada persona tiene distintas habilidades, conocimientos, destrezas, e incluso un mismo individuo puede tener diferente eficiencia según el momento de la jornada laboral en que esté actuando.

### **CALCULO DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE**

Como lo que se busca es una unidad que pueda ser utilizada para desarrollar planes y programas de producción genéricos, es necesario encontrar una **medida de tiempo homogénea** basada en U y E que se llama **hora estándar (he)**. El número de horas estándar, Nhe, representa el total de capacidad disponible.

Sea:  $Nhe = E * Nhp$

Y como:  $Nhp = U * Nhr$ ,

sale que:  $Nhe = Nhr * U * E$

que es la fórmula para calcular la **CAPACIDAD DISPONIBLE**

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

$$Nhe = 2 * 8 * 5 * 0,9 * 0,95 = 68,4 \text{ he.}$$

Este número no debe considerarse inamovible pues diferentes circunstancias pueden requerir la decisión de ajustarlo.

### **3.5.3. Arbol de estructura de los tiempos de carga** (ver Libro de excel: DPO tiempo de Carga)

#### **3.5.4. Ejemplo de cálculo de tiempos de carga**

En cierta empresa productora de muebles se elaboran mesas (M) y armarios (A).

M requiere 4 operaciones: pulido de la madera; cortado y acanalados; encolado y montaje de la mesa y barnizado y lacado final.

A, requiere 5 operaciones.: cortado y acanalado; pegado de la estructura; montaje de bisagras y cerraduras en puertas; montaje de puertas, cajonera y paredes; y pintura y acabado.

Una cajonera requiere: pulido de la madera, cortado y acanalado; y ensamblado

Una puerta requiere: ensamblado de la estructura de madera; pulido y barnizado de las paños; y pegado.

Las puertas y la cajonera pueden elaborarse simultáneamente.

### **Datos de los centros de trabajo, CT**

**Tiempo de preparación o alistamiento del CT:** es el necesario para ajustar y disponer los recursos en las condiciones adecuadas para llevar a cabo la actividad, tras haber desarrollado otra operación diferente y corresponde a la producción de un lote completo.



CTk	Tiempo de preparación en horas estandar
1	2.5
2	4
3	3.8
4	6

**Tiempos de suministro:**

Consecución de la madera:	2 semanas
Fabricación de puertas	1 “
Fabricación de cajonera	2 “
Montaje del armario	1 “

**Parámetros de utilización y eficiencia en cada centro de trabajo:**

CTk	$U_k$	$E_k$
1	0.9	0.92
2	0.95	0.85
3	0.93	0.9
4	0.97	0.88

Los tiempos reales y los correspondientes tiempos estándares de ejecución de las operaciones obtenidos al aplicar E y U son:

<u>Actividad</u>	<u><math>tr_i</math></u>	<u><math>E_k</math></u>	<u><math>U_k</math></u>	<u><math>te_i</math></u>
O1	0.5	0.92	0.9	0.414
O2	0.504	0.85	0.95	0.407
O3	0.26	0.9	0.93	0.23
O4	0.8	0.88	0.97	0.663

**El tiempo de carga de una actividad,  $t_c$** , es la suma de los tiempos de ejecución y de preparación, prorrateado a una unidad de un lote medio. Para el caso de tener un lote medio de 100 unidades:

<u>Actividad</u>	<u><math>te_i</math></u>	<u><math>tp</math></u>	<u><math>t_c</math></u>
O1	0.414	2.5	0.439
O2	0.407	4	0.447
O3	0.23	3.8	0.268
O4	0.662	2.5	0.687

**Tiempo de carga de un producto.** Resulta de sumar los  $t_c$  de las actividades necesarias para procesar el producto

**Tiempo de carga de un lote en un centro de trabajo:** es el tiempo de carga de cada producto multiplicado por la cuantía del lote.

**Consideración de productos defectuosos**

Si “ $d_i$ ” es la proporción de objetos defectuosos que surgen de cada actividad transformadora, entonces, “ $a_i = 1 - d_i$ ” será la proporción de objetos aprovechables

<b>Actividad</b>	<b>d<sub>i</sub></b>	<b>a<sub>i</sub></b>
O1	0.05	0.95
O2	0.02	0.98
O3	0.1	0.9
O4	0.06	0.94

El aprovechamiento de un proceso,  $v_i$ , sale de multiplicar el aprovechamiento de la operación  $i$  por el producto de los aprovechamientos de cada una de las operaciones siguientes de su ruta. Según esto:

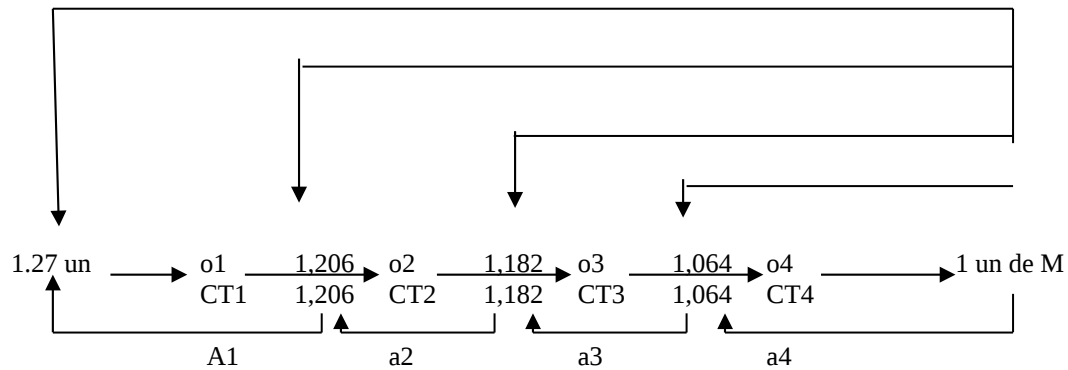
$$V4 = a4 = 0.94$$

$$V3 = a3 * a4 = 0.846$$

$$V2 = a2 * a3 * a4 = 0.829$$

$$V1 = a1 * a2 * a3 * a4 = 0.787$$

$$a4 * a3 * a2 * a1$$



(ver Libro de excel: DPO tiempo de Carga)

## 4. PLANEACIÓN y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

### 4.1. Introducción a la Planeación Agregada

Se lo define como el Plan de Producción a medio plazo, factible desde el punto de vista de la capacidad, que permita lograr el Plan Estratégico de la manera más eficaz posible, tomando en cuenta los objetivos tácticos del sistema Producción.

### 4.2. Concepto básico del proceso de PA

#### 4.2.1. Concepto de Agregación

El término agregado surge del hecho de que en este nivel de planeación se consideran “familias” de productos y no los productos individualizados que genera la empresa. Al igual que en el caso de la familia humana, sus miembros tienen características comunes –procesos comunes, recursos semejantes- que los enlazan. Aquí se suele hablar, por ejemplo, de “miles de llantas”, “toneladas de acero”, “hectolitros de cerveza”, etc., sin especificar qué llanta, qué tipo de acero o qué clase de cerveza.

El plan agregado se ejecuta con un horizonte de planeación de entre 6 a 18 meses, dependiendo de la naturaleza de los productos a fabricar.

#### 4.2.2. Metas del PLAN AGREGADO

- ❖ Generar los volúmenes de productos que satisfagan la demanda prevista en el plan estratégico
- ❖ Emplear los recursos disponibles de la mejor manera posible
- ❖ Viabilizar las estrategias globales de la empresa

### 4.3. Estrategias para el desarrollo de P A

La generación de las familias de productos tiene que realizarse contando con la capacidad disponible actual. Si la demanda supera la disponibilidad de capacidad, habrá que encontrar una alternativa de ajuste de la capacidad que garantice la producción, en las condiciones más favorables que sea posible.

A las políticas de ajuste que se pueden aplicar para hacer factible la producción se denomina estrategias de producción. Estas pueden ser puras o mixtas.

Las estrategias puras son las siguientes: Estrategia de caza” y “Producción constante”

#### 4.3.1. Estrategia de Caza

En este caso, la modalidad impone que hay que producir sólo aquellos volúmenes que el mercado exija, ni más ni menos. Esta estrategia supone que se está facultado para contratar, despedir, convocar a trabajo en tiempo extra, en concordancia con las necesidades del mercado

#### 4.3.2. Producción constante

Mediante esta estrategia la planta genera objetos a una tasa diaria constante, independiente de las variaciones de la demanda.

#### 4.4. Técnicas para el cálculo del P A

##### 4.4.1. Método gráfico

Ejemplo de aplicación:

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

La proyección de la demanda para el año que viene es la siguiente:

Enero	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	TOTAL
9000	15000	10000	5000	5000	5000	10000	5000	5000	10000	15000	20000	114000

Dicha información deberá corregirse de acuerdo con la información contenida en la siguiente cartera de clientes;

Pedidos comprometidos: Enero; 10000 unidades; Febrero 1800 unidades

Pedidos pendientes: Enero: 4500 unidades.

Otras posibles demandas: Enero: 500 unidades (para reponer SS)

Los días laborables para el periodo considerado son:

Enero	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D	TOTAL
20	20	22	20	21	20	20	22	22	20	21	20	248

Los costes calculados por producto son:

Materiales:	50 unidades monetarias (u.m)
Hora estándar en jornada regular de mano de obra:	1,10 u.m
Hora estándar extra de mano de obra:	1,85 u.m
Hora ociosa de mano de obra:	1,10 u m
Contratación de cada operario:	10 u.m
Despido de un trabajador eventual:	15 u.m.
Costo adicional de subcontratación:	1 u.m.
Posesión:	0,2 u.m /mes
Servicio con retraso:	1,50 u.m./mes

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

- \* Existen tres turnos, siendo posibles el trabajo simultáneo de 50 operarios
- \* El máximo de horas extras diarias permitidas por el contrato colectivo es el 10% de las disponibles en jornada regular
- \* No se contempla la posibilidad de despidos de operarios fijos.
- \* Todos los costes son funciones lineales
- \* La demanda diaria, dentro de cada mes, se considera uniforme y continua.

Se pide;

- a) Preparar un modelo gráfico que muestre las necesidades de producción acumulada, la producción máxima acumulada y la producción mínima acumulada;
- b) Elaborar un primer plan alternativo de ajuste de la capacidad con la estrategia de caza, en donde:
  - 1. Se permite variación de la mano de obra
  - 2. Se permiten tiempos ociosos
  - 3. Se permiten retrasos de entrega
- c) Elaborar un segundo plan alternativo que implique producción constante a lo largo del año en base a :
  - 1. No se permite variación de la mano de obra
  - 2. Se permiten variaciones de inventarios
  - 3. Se permiten retrasos de entrega.
- d) Elaborar un tercer plan alternativo.
- e) Recomendar una decisión para elegir aquella alternativa que parezca más conveniente.

(El enunciado del problema sugiere que hay que desarrollar varias alternativas de plan agregado, a cada una de las cuales hay que analizarla desde varios puntos de vista: el costo, la viabilidad, los problemas de implementación en general, etc, al cabo de lo cual hay que tomar una decisión)

Este proceso se muestra en el libro de Excel “Ejemplo de aplicación” al que remitimos al lector.

#### **4.4.2. Métodos de optimización matemática**

Además del modelo gráfico, se puede desarrollar el plan agregado aplicando modelos de Investigación Operativa como los que ofrece la programación lineal. La presentación de estos modelos escapa al alcance de este texto. Se supone que el lector los conoce. En todo caso sugerimos revisar las obras citadas en la bibliografía preparadas por el autor: “El modelo del Transporte” y “Programación Lineal”

##### **4.4.2.1 Programación Lineal: M. Transporte**

###### **4.4.2.1. El problema de la mezcla de productos**

## 5. PROGRAMACIÓN MAESTRA DE LA PRODUCCION

El objetivo de la PMP es el posibilitar la concreción del plan agregado, a través de la determinación de la cantidad neta de productos que hay que producir en determinado período de tiempo, considerando la capacidad de producción de la planta.

### 5.1. Proceso de una PMP factible

Alcanzar un PMP supone un procedimiento que parte del plan agregado excogitado como el más conveniente que, en términos generales, es el siguiente:

- En primer lugar, hay que desagregar el plan agregado, en términos de componentes de la familia de productos.
- Luego, hay que desagregar el tiempo para definir un horizonte preciso.
- En seguida, se ejecutan ciertos cálculos sencillos que relacionan los datos del plan agregado con previsiones a corto plazo, disponibilidades de inventario, pedidos en curso y otras fuentes de demanda, para obtener un PMP inicial o propuesto.
- Esta propuesta se convierte en un “Plan de carga aproximado” que se coteja con la capacidad disponible para determinar la posibilidad de implementarlo.
- Si no hay incoherencias se aprueba el PMP propuesto, de lo contrario se lo modifica.

### 5.2. Horizonte de Planificación, HP

El horizonte de planificación del PMP debe ser lo cercano posible. Generalmente no va más allá de tres meses; lo más frecuente es que el HP sea de dos meses, subdivididos en semanas. Cada empresa debe especificar su propio período de anticipación a los hechos, de acuerdo con su circunstancia, es decir de la disponibilidad de sistemas informáticos, la características del proceso productivo (continuo o intermitente), el número de productos, la naturaleza de la demanda, etc. En general la recomendación sería que el HP debe ser por lo menos, igual al tiempo de suministro acumulado de los productos.

Si bien es cierto el HP puede ser actualizado cuando el sentido común lo requiera, es conveniente que las primeras semanas se congelen pues el plan que se establezca para ellas es la base para el desarrollo de la siguiente fase de la planificación que es el PRM

### 5.3. Desagregación del PA y obtención del PMP propuesto

Remitimos al lector al archivo de excel “...” en donde se muestra el mecanismo que se activa para obtener el PMP inicial o propuesto.

### 5.4. Planificación aproximada de la capacidad

Una vez determinado el PMP propuesto, ha de comprobarse si es viable, desde el punto de vista de la capacidad. Para ello debe compararse la capacidad que requiere su elaboración con la capacidad Disponible Planificada derivada de las condiciones establecidas en el Plan Agregado. Para analizar algunas de las técnicas a emplear, utilizaremos el ejemplo que venimos desarrollando, suponiendo que la Gerencia eligió como propuestos los PMP iniciales. Se necesita, además, otra información que hasta ahora no ha sido necesaria, lo cual se detalla a continuación en el libro de Excel DPO Tiempos de Carga, hoja “Datos Ej. PAC en PMP”

En cuanto a las posibles técnicas a emplear en este nivel de Planificación que se denomina Aproximado (o Rough-Cut), pueden ser diversas, aunque las más difundidas son: las Listas de Capacidad (Capacity Bills) y los Perfiles de Recursos (Resource Profiles) las misma que se analizan de inmediato.

#### 5.4.1. Listas de capacidad

(Ver libro de Excel: Panillas PyCP, hoja PlanAproxCapacidad)

Esta técnica permite calcular, con criterios objetivos, las cargas que va a provocar el PMP en los distintos Centros de Trabajo, produciendo un Plan de Capacidad Prospectivo. Requiere la siguiente información:

- DPO de cada producto final y sus componentes.
- Tiempos de carga unitarios de cada una de las operaciones y su factor de defectuosos.
- Lista de Materiales, detallando los componentes que intervienen en la obtención del producto final y sus cantidades
- Programa Maestro de Producción propuesto

Con dichos datos se determina la carga que genera en cada centro de trabajo, CT, la obtención de una unidad de cada uno de los productos finales. Esto requiere de conocer el Tiempo Total de Carga,  $TTC_{jk}$ , de un ítem cualquiera,  $j$ , en un CT  $k$ , que fue definido anteriormente.

Una vez conocidos los  $TTC_{jk}$  en cada CT para cada producto final, no habrá más que multiplicarlos por cada una de las cifras que componen el PMP propuesto y acumularlos por CT y período. Se obtiene así el Plan de Capacidad Aproximado para cada Centro de Trabajo. Para nuestro ejemplo, los resultados se encuentran detallados en la hoja de excel señalada más arriba que habrá que analizar detenidamente. Tales resultados tienen que ver con la posibilidad de que exista una desviación de la capacidad necesaria con respecto a la disponible; lógicamente, cuando este valor es negativo, implica que en el período en cuestión se precisa más capacidad, es decir, existe una sobrecarga.

Una interpretación estricta de los resultados obtenidos podría llevar a afirmar que el PMP propuesto en el Ejemplo no es viable, si existen sobrecargas en numerosos períodos. Sin embargo, esto no es totalmente cierto. Para una interpretación correcta se deben realizar algunas consideraciones previas como las siguientes:

- ❖ Es necesario tener en cuenta si se ha incluido o no la carga necesaria para terminar los pedidos en curso de cada producto, si los hay, en los períodos en que se supone se van a recibir, dado que ésto incrementaría la carga en este período.
- ❖ Hay que considerar las disponibilidades en inventario de los componentes de los productos y sus pedidos en curso. Esa información puede afectar la carga de los períodos.
- ❖ Por otro lado, hay que considerar que no cualquier sobrecarga hace inviable al PMP. Por ejemplo, si la Capacidad Disponible empleada es sólo en jornada regular, y en estas condiciones hay sobrecarga inaceptable, habría que ver si el problema se supera al analizar el valor de la Capacidad Práctica Máxima. Cualquier sobrecarga inferior en valor absoluto a la diferencia entre esta última y la Capacidad Disponible, podría ser asumida con medidas de ajuste transitorio, con consecuencias aceptables sobre los costes. No obstante, si consideramos la cuestión que comentaremos seguidamente, quizá no sea necesario.
- ❖ En tercer lugar, hay que considerar que esta técnica no periodifica la carga, es decir, asigna toda la carga de trabajo a cierto período cuando existe la posibilidad o la obligación de repartirla en varias semanas atendiendo al tiempo de suministro del producto o de sus componentes.

La desviación de una semana, pues, no es representativa al no estar periodificadas las cantidades. Lo es más la desviación acumulada, DA (fila 8 de cada CT). Mientras esta se mantenga positiva período a período, ello indicará que con la capacidad de una semana, más la de las semanas anteriores, pueden fabricarse las cantidades indicadas en el PMP. Si esto es así, lo más que puede ocurrir es que algunos lotes hayan de ser emitidos antes del momento en que constan en el PMP; esto no se sabrá hasta que estemos en un nivel de planificación más detallado, es decir, cuando se haya realizado la planificación de materiales y se haya desarrollado el Plan de Capacidad detallado (mediante CRP) (ver Capítulos correspondientes). Lo que si es claro es que hay que concluir si, con la capacidad disponible, las cantidades que contiene el PMP se pueden obtener, con una alta probabilidad, en la fecha de terminación propuesta o incluso antes (lo que implica que podrán ser servidas a tiempo). Por el contrario, si en alguna de las semanas la Desviación Acumulada es negativa y, más tarde se hace positiva, cumplir el PMP implicará retrasar algún pedido (si no se quiere aumentar la capacidad disponible para el período adecuado).

Por último hay que decir que si la Desviación Acumulada del último periodo es positiva, el PMP puede ser viable, quizá con pequeños ajustes (mayores cuanto más se acerque a cero aquella y cuantos más periodos con Desviación Acumulada negativa haya), los cuales no podremos conocer hasta que desarrollemos la planificación detallada. Si la DA es negativa, pero pequeña, será necesario tomar medidas de aumento de la capacidad disponible, que podrían llegar hasta la Capacidad Práctica Máxima. Si llamamos IC a la diferencia entre ambas, en teoría podríamos cubrir una desviación acumulada negativa de  $IC \times 12$  h.e. (ya que hay 12 semanas) pero, en la práctica, este incremento no suele ser sostenible ni recomendable durante tanto tiempo. Además, hay que contar con pérdidas debidas a la coordinación entre los pedidos, por lo que será la Gerencia, para el caso concreto, la que tendrá que asumir cuánta Desviación Acumulada Negativa se puede admitir para dar luz verde al PMP propuesto.

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

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

Como inconvenientes más destacados:

- a) No consideran la carga que generan los pedidos en curso de items finales.
- b) No tienen en cuenta las disponibilidades y pedidos en curso de componentes, dado que no se incluyen en el PMP.
- c) No consideran la distribución temporal de las cargas, pues no considera que éstas se repartirán a lo largo del tiempo de suministro del producto final y de sus componentes.
- d) No tienen en cuenta el dimensionado de los lotes de los componentes, pudiendo ocurrir que los necesarios para varios pedidos de los productos finales se reúnan más tarde en uno solo de los componentes (ver Capítulo 4), o que se emitan varios



pedidos de componentes para un solo pedido de producto final; ello cambiaría también la periodificación de las cargas.

#### 5.4.2. Los perfiles de recursos

Esta técnica intenta corregir uno de los inconvenientes básicos señalados para las Listas de Capacidad: el relativo a la periodificación de las cargas. En esencia, la mayor parte del procedimiento no varía, pero una vez calculadas las cargas de los pedidos, se procede a repartirlas entre los períodos que abarca el tiempo de suministro del producto final y el de sus componentes. Requiere, pues, la misma información que la anterior, más los mencionados TS, elaborándose con ella los Perfiles de Recursos, también denominados por algunos autores, Listas de Capacidad Periodificadas. El proceso consiste en que, una vez establecidas las cargas por unidad de producto final y por unidad de cada componente, éstas se periodifican en base a los TS mencionados, obteniendo los recursos que muestran las Tablas.

Esta técnica presenta las mismas ventajas que las Listas de Capacidad aunque, eso sí, complica notablemente los cálculos (sobre todo para desarrollarla manualmente). No obstante, se corrige el inconveniente de las Listas de Capacidad relativo a la distribución de las cargas en el tiempo, dado que considera los Tiempos de Suministro y periodifica las cargas dentro de él. Sin embargo, esta distribución no es, quizá, lo suficientemente exacta como para paliar las desventajas que acabamos de comentar. Primero, porque la distribución se hace siempre con criterios aproximados y, segundo, porque sigue sin poder tener en cuenta el dimensionado de los lotes de componentes que, normalmente, harían que incluso un buen criterio de periodificación dejara las cargas establecidas muy lejos de su distribución real en el tiempo.

#### 5.4.3. CONSIDERACIONES FINALES:

##### **Importancia de la coordinación de las distintas áreas empresariales en la planificación agregada y maestra**

Antes de finalizar el presente capítulo, conviene resaltar que el establecimiento del Plan Agregado debe estar marcado por la coordinación y el acuerdo entre las distintas funciones empresariales, aspecto que comentamos seguidamente.

**El Departamento de Comercialización** es fundamental a la hora de establecer las necesidades de producción, pues de él depende la cartera de clientes y la determinación de las previsiones de demanda a medio y corto plazo. Las necesidades mencionadas deben responder al Plan Táctico Comercial, elaborado para el mismo horizonte de planificación que el Plan Agregado de Producción. La importancia de la exactitud en las previsiones ya fue comentada en el Capítulo 1; si están infladas darán lugar a la planificación de recursos y producción en exceso (que no podrá ser vendida); si están por debajo de la realidad, se producirá el efecto contrario y provocará pérdida de ventas o consecución de recursos suplementarios a última hora. En ambos casos, las repercusiones negativas sobre los costes son claras.

Por su parte, el Plan Táctico definido por el **Departamento Financiero** también deberá ser coherente con los anteriores, pues los ingresos derivarán del Plan Comercial y los gastos por compras, volúmenes de inventario, etc., del de Producción.

En cuanto a las opciones de ajuste transitorio, también debe haber colaboración interfuncional. Así, por ejemplo: **Administración de Personal** en cuanto a contrataciones y despidos, empleo eventual, horas extras, programación de vacaciones, etc; **Marketing** en cuanto a productos servidos con retraso, desplazamientos de demanda, etcétera; **Finanzas** en

cuanto a los efectos económicos de las distintas opciones; **Contabilidad** debe suministrar la mayoría de los datos sobre costes, debiendo cuidar de la exactitud de los mismos, pues, si ésta no se da, podría dar lugar a una incorrecta elección de alternativas. Por lo que respecta a los objetivos tácticos, es evidente que el Plan elegido influirá no sólo en los de Producción, sino en los financieros y comerciales.

Queda claro, pues, que, aunque los cálculos que llevan el Plan Agregado serán desarrollados por el Departamento de Operaciones, las decisiones tomadas en las distintas fases del proceso deben ser negociadas y acordadas en equipo. Se garantizará así la coordinación e integración empresarial, tanto a nivel vertical como horizontal, lo cual es esencial para la consecución de los objetivos de la firma.

También, en el nivel de programación maestra, la interconexión y coordinación funcional es importante. Las distintas previsiones de demanda y su concreción a partir de la cartera de pedidos corren a cargo del Departamento de Marketing, el cual debe cuidar por su exactitud. Además, dicho departamento es responsable ante los clientes del cumplimiento de las cantidades y fechas de entrega que aparecen en el Programa Maestro. Esta responsabilidad no debe provocar el falseamiento de cantidades o/y fechas ante Producción con objeto de «asegurarse» frente a la clientela; las repercusiones en cadena que ello produciría a lo largo de todo el subsistema productivo, con implicaciones en otras áreas funcionales (personal, compras, finanzas, etc.), justifican nuestra afirmación. Dado que el Programa Maestro provocará un conjunto de flujos monetarios (los ingresos por ventas/cobros derivados de los mismos y los costes por recursos empleados (mano de obra, materiales, etc./pagos correspondientes), el área financiero-contable estará íntimamente relacionada con aquél. Las necesidades de mano de obra y de materiales generados a partir del Programa Maestro hacen obvias las interacciones con el Departamento de Personal y con el de Compras, respectivamente. Por último, dado el papel que juega el PMP en la gestión de la empresa, la relación entre el Departamento de Producción y el de Marketing con la Alta Dirección se vuelve indispensable.

## 6 PROGRAMACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES: PRM

### 6.1 INTRODUCCION

El Modelo de Investigación Operativa denominado “Control de Inventarios” es útil cuando la demanda de un producto es independiente, o sea cuando sólo está sujeta a la demanda del mercado. Esta demanda, una vez definida, es el punto de partida para calcular la demanda de otros items que jerárquicamente están ubicados en niveles inferiores en el árbol de estructura del producto.

En estos casos la demanda se la puede inferir a partir del PMP, o sea que no hay necesidad de preveerla o pronosticarla. En efecto, el PMP indica la cantidad que hay que obtener de cada producto final así como las fechas de entrega de las mismas y dado el hecho de que, a través del árbol de estructura del producto, se sabe cuáles y cuántos son los componentes que lo integran, así como sus interrelaciones, **se puede calcular con certeza la demanda de cada componente**; además, a través del estudio de Ingeniería de Procesos, expresado en el DPO, se puede conocer con exactitud la interrelación entre estos componentes del producto.

Por otro lado, como la producción de los objetos suele ser en lotes, la demanda de los componentes no es continua, sino que surge en un momento concreto y en la cantidad necesaria, es decir que es una **demanda discreta y discontinua**, características que se oponen a las de continuidad con que se supone que funcionan las variables relevantes en el modelo de control de inventarios mencionado al inicio.

En este contexto de demanda irregular, discreta y dependiente **lo que se necesita es una técnica de programación, en lugar de una gestión de inventarios, de modo que se consiga el objetivo de determinar cuándo pedir un objeto para asegurar la disponibilidad de la cantidad deseada, en el momento y lugar adecuados.**

Hasta antes de la aparición de la computadora, los métodos clásicos, concretamente el uso del stock de seguridad, se utilizaban con resultados nada satisfactorios, dado que las interrelaciones de los componentes imponían el manejo de gran cantidad de datos, cosa difícil de llevar a cabo “manualmente”.

Con la disponibilidad de la computadora, en los años sesenta asoma el **PRM ORIGINARIO como una técnica informatizada de gestión de stocks de fabricación y de programación de la producción**, capaz de generar el Plan de Materiales a partir de un PMP. Su origen debe situarse en la práctica de la empresa y desde ahí pasó a ser tratada en el ámbito académico, auspiciada por la APICS (American Production and Inventory Control Society).

A mediados de los setenta, se desarrolla el que se llamó **PRM BC (Bucle Cerrado)**, que era **el mismo PRM originario, pero al que se le incorporó técnicas de Planificación de Capacidad y de Gestión de Talleres**, con lo que fue posible hacer, en forma integrada y coordinada, todas esas actividades, permitiendo, además, la retroalimentación de información desde el nivel de ejecución de la transformación de recursos al de planificación de la producción, que podía traducirse hasta en cambios del PMP, para poder equilibrar la capacidad necesaria con la disponible.

Sucesivos desarrollos posteriores han integrado otras funciones de la empresa, tales como Finanzas y Comercialización, dando como resultado lo que se denomina **PRM II, modelo**

**que se ha constituido en una verdadera filosofía de gestión administrativa integrada y jerárquica**, fundamentada en bases de datos centralizadas e informatizadas que permiten la coordinación de las diversas funciones de la empresa.

### 6.1.1. Conceptos de PRM

#### PRM ORIGINARIO

#### DEFINICION

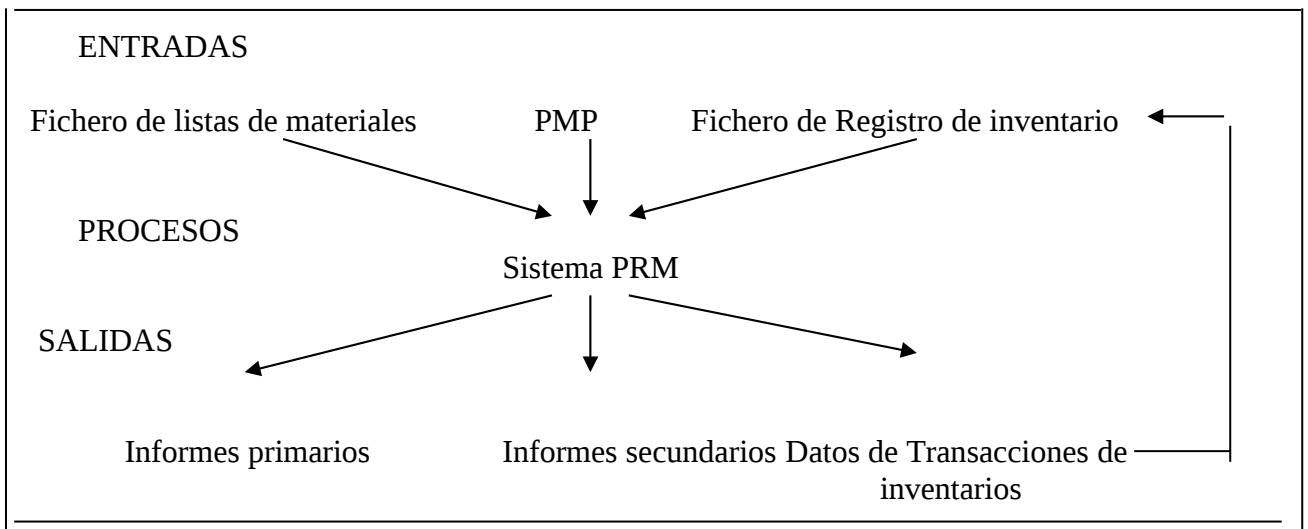
Es un sistema de planificación de componentes de productos que, mediante un conjunto de procedimientos, lógicamente relacionados, traduce el PMP en necesidades reales de componentes, con fechas y cantidades.

#### CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

1. Está **orientado a los productos concretos que hay que generar (no considera familias de productos)**: a partir de las necesidades de éstos, manifestadas en el PMP, planifica las de los componentes necesarios,
2. Es **prospectivo**: la planificación se basa en las necesidades futuras de los productos.
3. Realiza un **decalaje de tiempo** de las necesidades de los ítems, en función de los tiempos de suministro de los componentes que requieren los proveedores externos o internos para cumplir sus compromisos, estableciendo fechas de emisión y plazos de entrega de los pedidos,
4. El PRM originario no toma en cuenta las restricciones de capacidad de producción.
5. Se maneja a partir de una base de datos integrada que debe ser empleada por las diferentes áreas de la empresa.

### 6.2 ESQUEMA BASICO

Hay que reconocer tres tipos de datos para el funcionamiento de este modelo: ENTRADAS, PROCESOS Y SALIDAS, como se puede ver en la siguiente figura:



**6.2.1. ENTRADAS:** Son el conjunto de informaciones básicas necesarias, contempladas en los siguientes documentos:

- 1.1 Programa Maestro de Producción realista:** contiene, como ya se sabe, las cantidades de producto final y las fechas en que deben estar listas. Para propósitos del PRM, la primera parte del horizonte del PMP, conformado por varias semanas, debe permanecer invariable, firme o congelada durante un lapso equivalente al tiempo de suministro más largo de cada nivel del árbol de estructura del producto o de la LISTA DE MATERIALES. Cada semana que pasa provoca la puesta al día del PMP, eliminándose la semana transcurrida y añadiéndose una nueva al final del horizonte de programación.
- 1.2 LISTA DE MATERIALES actualizada:** como ya es conocido, la LDM es el producto de construir el árbol de la estructura y montaje del producto final. De haberse dado algún cambio en las especificaciones del producto hay que ajustarla a la nueva situación.
- 1.3 FICHERO DE REGISTRO DE INVENTARIOS:** Contiene segmentos de datos mantenidos al día, gracias a métodos como el de control por código de barras u otros adecuados, sobre los distintos ítems. Son los siguientes:
- 1.3.1 Segmento maestro de datos** conformado por:
- 1.3.1.1** Identificación de los distintos componentes
- 1.3.1.2** Su tiempo de suministro por parte del proveedor externo o interno
- 1.3.1.3** El algoritmo para determinar el tamaño del lote de pedido (Lote a lote, Período constante, POQ, Mínimo Coste unitario, Mínimo Coste total, Lote económico de Compra, Ajuste en el tamaño del Lote.....)
- 1.3.1.4** El nivel de jerarquía en que está ubicado en el árbol de estructura del producto
- 1.3.2 Segmento de estado de inventarios. Comprende:**
- 1.3.2.1** Necesidades brutas y fechas de entrega para satisfacer el pedido de niveles superiores
- 1.3.2.2** Existencias disponibles en bodega
- 1.3.2.3** El nivel del Stock de seguridad autorizado
- 1.3.2.4** Cantidades comprometidas, cuyo lanzamiento o emisión ya haya tenido lugar
- 1.3.2.5** Recepciones programadas, en fecha y cantidad, de pedidos ya realizados
- 1.3.3 Segmento de datos subsidiarios:**
- 1.3.3.1** Ordenes especiales
- 1.3.3.2** Cambios solicitados
- 1.3.3.3** Otros.

## **6.2.1. DESARROLLO DEL METODO**

Vamos a mostrar como se desarrolla el proceso PRM en base al siguiente ejemplo:

### **Entradas al sistema**

#### **A1. Programa maestro de producción (PMP).**

Supongamos una empresa que fabrica dos productos, patines (P) y monopatines (M), pudiendo vender, también, las ruedas, como piezas de recambio. El horizonte de planificación considera ocho semanas, a partir del momento actual. Supondremos que, a partir de los pedidos de los clientes y de la previsión de ventas, la gerencia construye el PMP de la tabla 1 en el que las cantidades son necesidades brutas y están referidas al final de la semana correspondiente. Las necesidades de la demanda externa de componentes, en este caso las ruedas, que aparece en la tabla 2, se almacena en el fichero registros de inventarios y será utilizada cuando se calculen las necesidades totales del ítem en cuestión .

**Tabla 1: Programa Maestro de Producción**

Productos	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Patines		200			300		100	400
Monopatines				200	100		200	

**Tabla 2: Demanda externa de componentes (ruedas)**

	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ruedas				200		200		200

**A2. Arbol de estructura del producto/Lista de Materiales.**

Nivel	Patín				Monopatín			
Nivel 0								
Nivel 1	CP 1	EP 2	C 2	R 4	CM 1	EM 2	R 4	
Nivel 2			CG 1	PC 1			CG 1	PC 1

**A3. Ficheros de registro de inventarios, RI.** Los segmentos maestros de datos y de estado de inventarios, al comienzo del horizonte de planificación, aparecen respectivamente en las tablas 3a y 3b. Hemos supuesto un stock de seguridad para aquellos ítems sujetos a demanda independiente cuya demanda está sujeta por tanto a aleatoriedad. Por lo que respecta al método de cálculo del lote hemos tomado el más sencillo, “lote a lote”, que consiste en pedir exactamente las necesidades netas a cubrir en cada período. En el punto 1.3.1.4 se mencionan otras técnicas de dimensionado

**Tablas 3: Fichero de registros de inventarios****Tabla 3a: Segmento maestro de datos**

	Identificación	Stock de seguridad	Método de cálculo del lote	Tiempo de suministro (Semanas)
Patín	0140	20	Lote a lote	2
Monopatín	0150	20	L/1	2
Cuerpo del Patín	1140	-	L/1	1
Ejes del Patín	2140	-	L/1	1
Correas	3140	-	L/1	1
Ruedas	1450	40	L/1	1
Cuerpo del Monopatín	1150	-	L/1	1
Ejes del Monopatín	2150	-	L/1	1
Cojinete	11450	-	L/1	1
PC Llanta	21450	-	L/1	1

**Tabla 3 b: Segmento de estado de inventarios**

	Necesidades brutas	Disponibilidades	Recepciones programadas			
Patín		100	150 en t=2			
Mono		80				
CP		10				
EP						
C						
R		90				
CM		-				
EM		-				
CG		5	600 en t=1			
PC		-	600 en t=1			



## B. Planificación de las necesidades de materiales

### B1: Cálculo de los productos del nivel 0

(Ver libro de excel: “Planillas PyCP”, hoja: “aplicación PRM”)

#### B1.1: cálculo de las Necesidades Netas

El proceso comienza en el nivel 0 del árbol de estructura del producto, calculando las necesidades netas y, a partir de ellas, los pedidos a realizar de los productos de ese nivel. La fórmula para determinar las necesidades netas de un período determinado, cuando ha de mantenerse un stock de seguridad, es la siguiente :

$$\text{Necesidades netas (NN)} = \text{Necesidades brutas (NB)} + \text{Stock de seguridad(SS)} - \text{Disponibilidades (D)} - \text{Recepciones Programadas (RP)} \quad [1].$$

Si al aplicar la fórmula [1] sale una cantidad negativa, ello significa que podemos hacer frente a la demanda y que, por tanto, las necesidades netas correspondientes son nulas. (Las necesidades brutas de los ítems P y M proceden del Programa Maestro de Producción, siendo datos del problema, así como el resto de las variables de la fórmula). Utilizando la fórmula puede observarse como las necesidades netas del producto P en el período 2 son nulas ya que, de la aplicación de la misma, resulta:

$$NN = 200 + 20 - 100 - 150 = -30, \text{ de donde, } NN = 0.$$

Las necesidades netas de P en el período 5 se calculan del siguiente modo

$$NN(5) = NB(5) + SS(5) - D(5) - RP(5) = \\ 300 + 20 - 50 - 0 = 270$$

#### B1.2: cálculo de las Disponibilidades para cualquier período del HP

Para los períodos 1 y 2 el disponible es el mismo con el que comienza el proceso PRM dado que no hay ninguna Necesidad Bruta que satisfacer. A partir del tercer período, D se reducen a 50 unidades ya que:

$$D(i+1) = D(i) + RP(i) - NB(i) \quad [2]$$

$$\text{Y, para } i = 2, \quad D(3) = 100 + 150 - 200 = 50.$$

#### B1.3: Cálculo de “Recepción de Pedidos Planificados

Con objeto de tener disponibles las cantidades indicadas por las distintas necesidades netas en el período correspondiente, será necesario que los pedidos derivados de estas últimas (iguales en este caso a las necesidades netas por emplear la técnica lote a lote) se reciban en dichos períodos (fila de recepción de pedidos planificados)

#### B1.4: Cálculo de Lanzamiento de pedido planificados

Para que los componentes se puedan recibir en los períodos a los que se refiere el punto anterior, habrá que solicitarlos tantas semanas antes como sea el tiempo de suministro para estos ítems, de acuerdo con la información contenida en el segmento maestro de datos. Ello da lugar a la fila de lanzamiento de pedidos planificados de P y M.

Así pues las dos filas que hemos mencionado se diferencian tan solo en el decalado temporal impuesto por el tiempo de suministro.

## **B2: Cálculo de las necesidades de los componentes del producto**

### **B2.1 Explosión de necesidades**

El proceso continúa pasando del nivel 0 al nivel 1 realizando la explosión de las necesidades que, no es más que el cálculo de las “Necesidades Netas” y “Lanzamiento de Pedidos Planificados”, para los distintos niveles del árbol de estructura del producto. Ello se realiza nivel a nivel, partiendo de la parte superior del árbol hasta llegar a las materias primas y partes compradas en el exterior.

Así pues, tras haber realizado los cálculos para el nivel 0 pasamos al nivel 1.

Para que se cumplan las fechas previstas en la programación realizada para los productos del nivel 0, sus correspondientes “pedidos planificados” deben generar, para el mismo período, las necesidades brutas de los ítems de nivel 1 que estén directamente relacionados con aquellos en la lista materiales. Así, por ejemplo, las necesidades brutas del ítem EP (ejes del patín) salen de multiplicar por 2 los Pedidos Planificados para los patines, pues, de acuerdo con la estructura indicada en el árbol de fabricación, hay dos ejes en cada patín.

A veces existen componentes de un nivel que son requeridos por más de un ítem de nivel superior, como ocurre, en nuestro caso, con las ruedas, R, que se emplean en los 2 productos de la empresa. Puede, además que, como en el caso del presente ejemplo, dicho componente esté sujeto a una demanda independiente como se indicó en la tabla 2. En estas condiciones, el cálculo de las necesidades brutas se efectúa teniendo en cuenta, en cada período, los “Lanzamientos de pedidos planificados” de los distintos ítems que utilizan el componente común, a lo cual hay que añadir, cuando las haya, las necesidades provocadas por la demanda independiente.

### **B2.2. Cálculo de NN y PPI de los componentes**

A partir de las necesidades brutas calculadas para los componentes de nivel 1, y operando como se hizo para el nivel 0, se determinan sus correspondientes necesidades netas y pedidos planificados. Del mismo modo se continúa en los siguientes niveles hasta llegar al último del árbol de estructura del producto.

Conviene recordar que existe una excepción al cálculo de las necesidades vía explosión nivel a nivel. Aquella se produce para elementos de poco valor que se utilicen en grandes cantidades, los cuales son, por lo general componentes de muchos ítems. En este caso suele ser más conveniente utilizar algunas de las técnicas clásicas de gestión de stocks.

### 6.3. Técnicas de dimensionado del lote

En el presente apartado vamos a desarrollar más ampliamente algunas de las técnicas y conceptos que son necesarios para el desarrollo del MRP.

En MRP, la respuesta a la pregunta ¿cuándo pedir? es de mayor importancia que la que responde a ¿cuánto pedir? Sin embargo, ésta no es una cuestión nada desdeñable, especialmente cuando la solución elegida puede hacer variar de forma importante los costes de la gestión de inventarios. Las técnicas clásicas de cantidad fija de pedido (CFP) y periodo fijo (PF), son fácilmente utilizables en MRP, pero lo cierto es que, dado el escaso cumplimiento de sus hipótesis, su eficiencia deja mucho que desear en un contexto de demanda dependiente y discreta. Ello ha estimulado la aparición de técnicas aproximadas que, aunque en general no son optimizadoras, suelen ser más adecuadas para el caso que aquí tratamos. A continuación comentaremos brevemente algunas de las más empleadas para demanda discreta.

#### 6.3.1. Pedidos lote a lote

Es la técnica más simple y consiste en hacer los pedidos iguales a las necesidades netas de cada período, minimizando así los costes de posesión. Son variables tanto los pedidos como el intervalo de tiempo entre los mismos.

#### 6.3.2. Período constante

Se fija el intervalo entre pedidos de forma intuitiva o empírica. Una vez establecido este, los lotes se igualan a la suma de las necesidades netas en el intervalo elegido, resultando aquellos, lógicamente, variables. En esta técnica y en las restantes, en la que los pedidos agrupan necesidades netas de varios periodos, los lotes deben hacerse llegar en el primero de los períodos computados.

#### 6.3.3. POQ (Periodic Order Quantity)

Es análogo al anterior, salvo que el valor del periodo constante se calcula a partir del lote económico obtenido por el método clásico; a partir de éste se deducen la frecuencia y el tiempo entre pedidos, el cual se toma como período constante. En el Ejemplo 4.4 aplicaremos esta técnica al caso de las ruedas, suponiendo un coste de emisión,  $C_e$ , de 1.500 um. por lote y un coste de posesión,  $C_p$ , de 1 um./un. y período. Por otra parte, la demanda se calculará como suma de las necesidades netas durante el horizonte de planificación, HP.

#### 6.3.4. Mínimo coste unitario

La decisión se basa en el coste unitario, entendiendo por tal la suma del coste de emisión y de posesión por unidad. Se comienza calculando este coste para el caso de pedir un lote igual a las necesidades netas del primer periodo; se continúa para el caso de los dos primeros períodos, etc., seleccionando el lote que dé lugar al primer mínimo relativo. Se continúa del mismo modo con las necesidades netas aún no cubiertas hasta llegar al límite del horizonte de planificación (ver ejemplo )

*EJEMPLO. Aplicación de la técnica del mínimo coste unitario*

*Seguiremos trabajando con el caso de las ruedas, con los mismos datos utilizados en el apartado anterior. Se supondrá que las necesidades netas del primer período cubierto por el lote son consumidas a la llegada del mismo, no incurriéndose en costes de posesión.*

• **Para  $Q = NNR2 = 510$  tenemos:**

$C_{iu} = \text{Coste de posesión unitario} = 0$  (esto es debido a que se supone que el lote es consumido a su llegada)

$$C_{Ru} = \text{Coste de emisión unitario} = \frac{C_e}{Q} = \frac{1.500}{510} = 2,94.$$

$$C_u = \text{Coste unitario} = C_{pu} + C_{eu} = 2,94$$

• **Para  $Q = NNR2 + NNR3 = 510 + 1.480 = 1990$**

Respecto al coste de posesión, ha de tenerse en cuenta que, del lote conjunto, 510 unidades son consumidas a la llegada del mismo, no incurriéndose en coste de posesión; el resto hasta 1990 (NNR3) es almacenado un periodo hasta que son consumidas al comienzo del período 3

$$C_{iu} = (0 + C_i \times NNR3 \times 1 \text{ período})/Q = \frac{1 \times 1.480 \times 1}{1.990} = 0,74$$

$$C_{Ru} = C_R/Q = 1.500/1.990 = 0,75$$

$$C_u = 0,75 + 0,74 = 1,49$$

▪ **Para  $Q = NNR2 + NNR3 + NNR4 = 2190$**

Para calcular el  $C_{pu}$  hay que resaltar que, del lote en cuestión, 510 unidades no provocan costes de posesión una cantidad equivalente a NNR3 (1.480) se almacenaría durante un periodo antes de su consumo y el resto, igual a NNR4 (200), permanecería inactivo durante dos periodos. De ese modo:

$$C_{iu} = 0 + (C_i \times NNR3 \times 1 \text{ período})/Q + C_i \times NNR4 \times 2 \text{ períodos}/Q = \frac{(1 \times 1.480 \times 1 + 1 \times 200 \times 2)}{2.190} = 0,85$$

$$C_{Ru} = 1.500 / 2.190 = 0,68$$

$$C_u = 0,68 + 0,85 = 1,53$$

Dado que el coste unitario es mayor que el del lote ensayado anteriormente, este último es un mínimo relativo, por lo que se elige  $Q = 1,990$ , que cubrirá las necesidades netas de los dos primeros periodos. El segundo lote se calcula de la misma forma, comenzando con las necesidades de 4, que ya no están cubiertas por el pedido emitido anteriormente. Se continúa de forma iterativa hasta cubrir todo el horizonte de planificación. La Tabla muestra un resumen de los cálculos realizados.

#### Aplicación de la técnica del mínimo coste unitario

Periodo (i)	NNRi	.Tamaño del lote acumulativo (Q)	Nº de semanas en que NNRi son almacenadas	Coste de posesión		Coste de emisión por unidad( $C_R/Q$ )	Coste unitario
				Por lote ( $C_{ii}$ )	Por unidad ( $C_{ii}/Q$ )		
2	510	510	0	0	0	2,94	2,94
3	1480	1990	1*Ci	1480	0,74	0,75	1,49
4	200	2190	2*Ci	1880	0,85	0,68	1,53
4	200	200	0	0	0	7,5	7,5
5	1200	1400	1*Ci	1200	0,85	1,07	1,92
6	1800	3200	2*Ci	4800	1,5	0,46	1,96
6	1800	1800	0*Ci	0	0	0,83	0,83

8	200	2000	2*Ci	400	0,2	0,75	0,95
8	200	2000					

Esta técnica tiene el inconveniente de considerar un solo lote cada vez, y podría ocurrir que intercambios de necesidades netas entre lotes consecutivos diesen lugar a disminuciones apreciables del coste conjunto de dos o más lotes.

### 6.3.5. Mínimo coste total

Su hipótesis básica es que la suma total de costes de posesión y de emisión se minimizan cuando ambos son lo más parecido posibles, ante lo cual hay que decir que si bien esto es cierto para demandas continuas y bajo ciertas hipótesis, no tiene por qué cumplirse en el caso de demandas discretas. El siguiente ejemplo ilustra la técnica mencionada.

*EJEMPLO: Aplicación de la técnica del mínimo coste total*

*La Tabla muestra el cálculo del primer lote para el ítem R con datos iguales a los empleados en el apartado anterior. El cálculo del coste de posesión generado por los diferentes lotes se hace de forma idéntica.*

*Puede observarse que para un  $Q = 1.990$ , solicitado en el período 2, los costes de posesión por él generados son los más parecidos a los de emisión, pues, a partir de él, las diferencias entre ambos se van haciendo mayores.*

*Así pues, éste es el primer lote elegido. Los demás lotes se calculan comenzando por las primeras necesidades no cubiertas (período 4), al igual que se hizo en el apartado precedente.*

Periodo	NNRi	Lote acumulativo	N.º de semanas en que NNRi Son almacenadas	Coste de posesión generado por lote	Coste de emisión
2	510	510	0	0	1.500
3	1.480	1990	1	1.480	1.500
4	200	2.190	2	1.880	1.500

### 6.3.6. El método Silver-Meal

Con esta técnica se selecciona aquel lote que da lugar al mínimo coste total (emisión 4-posesión) por período para el intervalo cubierto por el reaprovisionamiento (Silver y Meal, 1978). Los distintos lotes que hay que considerar se obtienen de forma similar a la empleada anteriormente y los costes de posesión que de ellos se derivan se determinan análogamente. Lógicamente, el coste total por periodo (CTP) vendrá dado por:

$$\text{CTP} = \frac{\text{Coste de emisión} + \text{Coste de posesión}}{\text{Número de periodos cubiertos por } Q}$$

El siguiente ejemplo muestra la selección del primer lote por el método Silver-Meal para el ejemplo que venimos tratando.

*En el presente caso se elige como primer lote  $Q = 2190$ , no coincidente con el obtenido mediante las dos técnicas anteriores. Es posible que el mínimo aquí obtenido no sea absoluto, pero la práctica muestra que, en general, la búsqueda de un mínimo mejor que el primero encontrado implica un esfuerzo no justificado.*

Periodo	NNRi	Lote acumulativo	N.º de semanas en que NNRI Son almacenadas	Coste de posesión generado por lote	Coste de emisión	Coste total por período
2	510	510	0	0	1500	1500
3	1480	1990	1	1480	1500	1490
4	200	2190	2	1880	1500	1126.6
5	1200	3390	3	5480	1500	1745

### 6.3.7. Ratio coste de emisión/coste de posesión (Part-period balancing)

Aunque no entraremos en el desarrollo de esta técnica<sup>5</sup>, su idea básica es la misma que la del mínimo coste total, buscándose un lote con el que se iguale al máximo el coste de emisión y el de posesión. Se diferencian en que, para facilitar la comparación, se utilizan las «unidades-periodo» (UP), es decir, el producto del número de unidades por el periodo en que permanecen en almacén. Para el coste de posesión, el número de UP se calcula como en los ejemplos de los apartados anteriores, en los que, para conformar distintos posibles lotes, se iban acumulando necesidades netas que se almacenaban durante 0, 1, 2, etc., períodos. Por lo que respecta al coste de emisión, las correspondientes LJP se determinan dividiéndolo por el coste unitario de posesión. Se elige aquel lote que hace las UP del coste de emisión y del de posesión lo más parecidas posibles.

Existe una variante más sofisticada de este método que requiere un mayor tiempo de computación. Fue desarrollada por J. de Matteis y A. C. Mendoza (1968) y puede verse también en la obra de Orlicky (1975, págs. 129 y ss.).

### 6.3.8. El algoritmo de Wagner-Whitin

Los mencionados autores desarrollan, en un ya clásico artículo (1958), el algoritmo que lleva su nombre. Basándose en la programación dinámica, y para una serie de condiciones, seleccionan un conjunto de costes que aseguran la minimización de los costes totales de gestión (emisión + posesión) durante el horizonte de planificación. A pesar de su carácter optimizador, esta técnica ha recibido poca aceptación en la práctica debido principalmente a (Peterson y Silver, 1979, pág. 316):

- Su complejidad, que dificulta su comprensión en la práctica.
- El enorme esfuerzo computacional, muy superior al necesario para cualquiera de las técnicas heurísticas discutidas anteriormente. Este trae consigo un coste excesivo que no queda, en general, justificado (ver Apartado 4.6.1.9).
- Algunas de sus hipótesis.
- Las ventajas económicas derivadas de su utilización no suelen justificar su empleo (Silver y Meal, 1973).

### 6.3.9. Lote económico (EOQ)

Esta técnica, propia de la gestión de stocks de Ítems con demanda independiente, puede también ser empleada en algunos casos. La fórmula de cálculo del lote, como se recordará es la siguiente:

En caso de aplicarla, hay que tener en cuenta que para obtener la demanda a emplear, deberán tomarse como datos las necesidades netas del horizonte de planificación y no los datos históricos de inventarios, como hacen algunos paquetes de software. En caso contrario, se perdería la filosofía prospectiva de los sistemas MRP.

### 6.3.10. Elección de una técnica de dimensionado del lote

En principio podemos considerar tres posibilidades principales:

- Escoger una técnica clásica de gestión de stocks.
- Escoger una técnica heurística.
- Escoger una técnica de optimización (algoritmo Wagner-Whitin).

Un primer paso a dar podría ser deducir el grado de continuidad de la demanda y, a partir de dicha información, decidimos por un método clásico (primera posibilidad) o por uno discreto (dos últimas posibilidades). Ello podría hacerse mediante el cálculo del coeficiente de variabilidad, CV, definido como el cociente entre la varianza de la demanda por período y el cuadrado de la demanda media por período (Peterson y Silver, 1973, pág. 323 y ss.), cuyo desarrollo lleva a:

$$CV = N \times \Sigma (D(i))^2 / (\Sigma D(i))^2$$

donde N es el número de períodos en los que se dispone de previsiones de demanda (aquí necesidades netas) y D(i) la demanda prevista en el período i.

Si el valor de CV fuese menor que 0,25, se supondría que se cumplen aproximadamente las hipótesis de la gestión de stocks clásica y podrían aplicarse algunas de sus técnicas. En caso contrario,  $CV \geq 0,25$ , la demanda se consideraría discreta y se recurriría a técnicas heurísticas o a la optimización. El uso de esta última no parece estar justificado en la práctica; en cuanto a las técnicas heurísticas, es una opinión generalizada que todas ellas son imperfectas y que su bondad relativa depende de los valores de los parámetros empleados, fundamentalmente las necesidades netas y los costes de emisión y de posesión. Ello lleva a afirmar que no existe una «mejor» técnica de dimensionamiento del lote.

Algunos criterios que pueden ser utilizados como guía son:

- Seleccionar la técnica que origine lotes que den lugar a la mejor nivelación de cargas en los centros de trabajo y, en consecuencia, el coste más bajo de ajuste de capacidad. Según diversos estudios (ver nota 6), las que dan mejor resultado en este caso son las de Lote a Lote y la de Cantidad Constante.
- Seleccionar aquella que genere menor inestabilidad en el Sistema y, por tanto, mayor realismo en los resultados de la planificación. La de Silver- Meal parece dar buenos resultados en este punto.
- Seleccionar la que dé lugar a menores costes. En ese sentido, pueden usarse la de mínimo coste total o la de mínimo coste unitario.

Cualquiera que sea la técnica elegida, si conviene tener en cuenta las posibles repercusiones que pueden derivarse cuando los distintos lotes agrupan necesidades netas de varios periodos. Como ejemplo, podemos citar la generación de prioridades erróneas (pues se mezclan necesidades con distinto nivel de urgencia) o que lotes mayores saturan más fácilmente en periodos concretos a los centros de trabajo. Está claro que el abanico de posibilidades es muy amplio y que el criterio debe marcarlo el planificador. En última instancia, siempre cabe la posibilidad de probar diversas técnicas hasta lograr determinar aquella que resulte más

satisfactoria desde el punto de vista de los objetivos del responsable de la planificación. En cualquier caso, la elección de un método determinado no parece ser una decisión que afecte de forma trascendental el éxito o fracaso de los Sistemas MRP.

### 6.3.11. Ajustes en el tamaño del lote

Los lotes calculados por medio de las distintas técnicas suelen ser objeto de algunos ajustes en función de consideraciones prácticas, entre ellos:

— Mínimos y máximos. Consisten en establecer límites inferiores o/y superiores a los lotes solicitados. Con ello puede evitarse, por ejemplo, la obsolescencia derivada de un pedido excesivamente alto o el procesamiento de lotes demasiado pequeños. Pueden expresarse en cantidades o en períodos por cubrir.

— Factor de defectuosas. Pretende prever la existencia de componentes defectuosos en un lote mediante la adición al lote calculado de un porcentaje adecuado, correspondiente a las defectuosas. Así, si llamamos LA al lote ampliado con la cantidad necesaria para hacer frente al tanto por uno de defectuosas, TUD, y L al lote realmente deseado, podemos escribir

$$LA - TUD \times LA = L \rightarrow LA (1 - TUD) = L \Rightarrow LA = L / (1 - TUD)$$

de donde, a partir de los pedidos calculados por las distintas técnicas y de los tantos por uno de defectuosas, podremos calcular los pedidos que se deben solicitar para satisfacer realmente las necesidades. El valor de este parámetro no debe considerarse estático, sino que debe ser puesto al día en la medida en que vaya cambiando a lo largo del tiempo.

- Múltiplos. A veces, necesidades de proceso, de empaquetado, de coste, etc., hacen que los lotes deban ser múltiplos de algún número. Ello se tiene en cuenta redondeando el lote obtenido hasta el múltiplo inmediatamente superior.

Lógicamente, estos ajustes pueden dar lugar a excesos de stocks que podrán ser utilizados para satisfacer necesidades futuras.

### 6.3.12. Utilización de stocks de seguridad (SS)

La mayor parte de las publicaciones que abordan la conveniencia del mantenimiento de stock de seguridad en los sistemas MRP, se inclinan por utilizarlo fundamentalmente a nivel de los productos finales y de los componentes cuya demanda es parcialmente independiente (por ejemplo, piezas de repuesto), que son los realmente sujetos a un consumo aleatorio. Por el contrario, cuando se trata de elementos sometidos únicamente a demanda dependiente, se considera como un concepto a revisar a la luz de la existencia de tiempos de suministro flexibles, de la posibilidad de revisión de prioridades y de la reprogramación en la emisión de pedidos, cualidades que tienden a disminuir la necesidad de inventario de seguridad, al que consideran un stock inactivo que debe intentarse eliminar. Dichos autores admiten la excepción en aquellos ítems sujetos a un tiempo de suministro errático, lo cual es más frecuente en los artículos comprados en el exterior.

Si bien es claro que el stock de seguridad puede reducirse en gran medida para los ítems con demanda dependiente, no es evidente que pueda llegar a ser eliminado en todos ellos sin provocar riesgo de ruptura, piénsese, por ejemplo, en posibles variaciones en el porcentaje de defectuosos, absentismo laboral, averías de maquinaria, etc. Sin embargo, éstas y otras causas pueden ser reducidas al máximo con una adecuada gestión, disminuyendo con ello el tamaño



del SS necesario para hacerles frente. Así pues, la determinación de su magnitud constituye, aún hoy, una de las vías interesantes de investigación en el campo del MRP. No existen técnicas sofisticadas que garanticen el nivel de servicio deseado; suelen ser, por el contrario, reglas más o menos intuitivas, que se van ajustando a la vista de los resultados reales. Para Smith (1982) deben darse dos condiciones si queremos prescindir del stock de seguridad:

- Que el Programa Maestro de Producción, o al menos una parte significativa del mismo, se mantenga firme durante el horizonte de planificación.
- Que el riesgo en los tiempos de suministros y en los lotes por entregar sean despreciables.

No es fácil que se dé la primera condición durante todo el horizonte de planificación cuando éste es largo, pues ello suele provocar presiones del departamento comercial para variar el Programa Maestro de acuerdo con las cambiantes condiciones del mercado. Tampoco es obvio que se cumpla lo segundo en la mayor parte de los casos. Así pues, aunque hay que intentar evitarlo, para gran número de ítems será conveniente mantener un cierto stock de seguridad, de forma que se disminuya el riesgo de ruptura en la fabricación o/y montaje a causa de la falta de materiales. Los tres métodos más usados para paliar en lo posible peligro mencionado son:

- Mantener cantidades fijas.
- Incrementar los tiempos de suministros con un tiempo de seguridad.
- Aumentar las necesidades previstas.

La primera de las formas suele ser más conveniente cuando el riesgo radica principalmente en las cantidades, mientras que la segunda lo es cuando radica en el tiempo de suministro. En cuanto a la última, algunos prefieren incrementar sólo en el producto final, mientras que otros defienden el hacerlo sobre los componentes en función del riesgo particular de cada uno de ellos.

Una alternativa interesante al SS es la de mantener un cierto volumen de capacidad de seguridad, lo cual no está muy extendido en la industria. Ello es debido a una concepción, errónea en muchos casos, según la cual se consideran los stocks como un activo y la utilización de la capacidad al 100 por 100 como unobjetivo deseado.

Con objeto de reducir al mínimo el uso de stock de seguridad en los componentes, podemos tener en cuenta algunas consideraciones, las cuales fueron enunciadas en el primer párrafo del presente apartado:

- Las variaciones en el PMP, provocadas por cambios en las necesidades de productos finales pueden alterar las de componentes y hacer pensar en 1ª conveniencia de mantener stock de seguridad en estos últimos. Sin embargo la reprogramación del MRP alterará convenientemente el programa de pedidos y dichos cambios se conocerán con antelación. Así pues, en muchas ocasiones podrán tomarse a tiempo medidas correctoras que absorberían los cambios sin necesidad de mantener el SS.
- Si los problemas de aleatoriedad surgen por variaciones en los tiempos de suministro, una conveniente reordenación de prioridades en la elaboración de los pedidos (ver Capítulo 9)

podría permitir alterar las fechas de comienzo de los distintos ítems y, con ello, no hacer necesario SS.

- Las técnicas de dimensionamiento del lote que agrupan necesidades pueden disminuir el tamaño del SS, pues, en caso de urgencia inesperada, podrán ser utilizadas partes del lote correspondiente a las necesidades más lejanas en el tiempo.
- Del mismo modo, los ajustes por exceso en los tamaños del lote generan un sobrante, utilizable en períodos posteriores a la recepción del pedido.
- Los SS de los productos finales pueden absorber las fluctuaciones provocadas por retrasos en la entrega de productos finales. La reposición del nivel deseado de stock de seguridad se produciría con la llegada del lote que ha sufrido el retraso.

Para terminar diremos que si deseamos realmente reducir al mínimo el SS deberemos concienciarnos de que el único camino es identificar las causas que provocan su necesidad y eliminarlas o, al menos, reducirlas

### **6.3.13. Actualización de la planificación. Reprogramación en MRP**

Resulta evidente que cualquier factor que altere alguna de las entradas al sistema mencionadas, es decir, el Programa Maestro de Producción, la Lista de Materiales y el Fichero de Registros de Inventarios, afectará al cálculo de necesidades y a la programación de pedidos; por ello, dichas entradas deberán ponerse continuamente al día con objeto de mantener la validez de los resultados obtenidos. De entre las distintas posibilidades que pueden presentarse vamos a comentar seguidamente algunas de ellas.

### **6.3.14. Algunos factores que influyen en el cálculo de necesidades y programación de pedidos**

- Cambios en la lista de materiales (LM). Estos suelen proceder fundamentalmente de alteraciones introducidas por ingeniería en los componentes de los productos o en la forma de obtenerlos, las cuales deberán reflejarse inmediatamente en la LM utilizada en el MRP.
- Técnicas de cálculo del lote de pedido. Como hemos podido observar, el valor de los pedidos planificados y, por tanto, las necesidades brutas de los ítems de niveles dependientes son función de la técnica empleada para el cálculo del lote.
- Valor de los tiempos de suministro, de los cuales depende el decalado temporal que da lugar a la programación resultante en el MRP. El tiempo de suministro, como ya sabemos, es el período que transcurre desde que se emite un pedido hasta que éste es recibido y está dispuesto para su utilización; su determinación suele proceder de datos empíricos o/y de opiniones de expertos, inflándose a veces con un tiempo de seguridad para tener en cuenta posibles retrasos en la entrega. No deben considerarse los tiempos de suministro como algo inalterable, sino que éstos pueden sufrir modificaciones por distintas circunstancias (por ejemplo, cambios de proveedores, averías de máquinas, cambios derivados de las prioridades como los indicados al final de este subapartado, etc.).
- Uso común de componentes por más de un ítem, aspecto que puede alterarse a lo largo del tiempo.
- Pertenencia de un elemento a más de un nivel

- Cambios en el Programa Maestro de Producción (PMP). Los resultados obtenidos en la planificación de necesidades a partir de un cierto PMP seguirán siendo válidos si aquel no varía; en caso contrario deberán realizarse de nuevo los cálculos,
- Prioridades, las cuales derivan del Programa Maestro de Producción. La prioridad real de un pedido suele depender de otros ítems, existiendo básicamente dos tipos de dependencia:

Vertical, cuando depende de un elemento de nivel superior; por ejemplo, si se solicita un lote de componentes de un conjunto de nivel superior y la demanda de éste cambia, en cantidad o en fecha, también cambiará la prioridad del lote de componentes.

— Horizontal, cuando depende de un elemento del mismo nivel. Ello quiere decir que un determinado componente no es realmente necesitado en un determinado momento si en ese instante no va a estar disponible otro componente del mismo conjunto; cuando eso ocurra se alterará la prioridad del primero. Tanto en este caso como en el anterior, el cambio en la prioridad puede traducirse, si así se desea, en un cambio en la programación.

De lo anterior puede deducirse que los sistemas MRP se salen de la lógica tradicional de programación, que sólo se preocupa de acelerar los pedidos retrasados, pero no suele ocuparse de retrasar o reducir la prioridad de aquellos ítems cuya entrega se ha vuelto menos urgente. En MRP se tienen en cuenta ambas situaciones.

#### **6.4. Sistemas de reprogramación en MRP**

Los sistemas comercializados de MRP pueden tener en cuenta los factores mencionados y remodelar la programación de acuerdo con los cambios producidos. Existen dos sistemas principales de puesta al día y reprogramación.

##### **6.4.1. Sistema MRP regenerativo**

Es el enfoque tradicional, el más antiguo. Con este sistema se repite cada vez el cálculo completo, realizándose de nuevo la explosión de necesidades nivel a nivel para todos los productos finales del Programa Maestro de Producción; antes han de introducirse los cambios acaecidos desde el último programa. La salida generada por este procedimiento es muy voluminosa y el tiempo necesario para obtenerla suele ser muy largo, dado el elevado número de operaciones a realizar. Debido a ello, en los sistemas instalados en la industria, el ciclo típico de replanificación es de una a dos semanas, durante las cuales no pueden ser introducidos los posibles cambios que hayan tenido lugar durante las mismas. En la actualización se elimina del PMP la semana que ha transcurrido desde la última replanificación y se añade una nueva al final del PMP; de esa forma se mantiene la longitud del horizonte de planificación.

##### **6.4.2. Sistema MRP de cambio neto**

Es un método más moderno. En lugar de realizar explosiones periódicas completas se llevan a cabo explosiones parciales, las cuales se limitan a aquellos ítems que hayan sufrido algún cambio susceptible de alterar las necesidades calculadas previamente. El procesamiento de datos es, por tanto, mucho menor que en el caso anterior y puede realizarse cada vez que ocurra algún cambio de importancia, con lo cual la puesta al día es más ágil y rápida. Hay que evitar, sin embargo, que ello lleve a excesivas y frecuentes alteraciones en las acciones que hay que realizar, pues ello provocaría excesiva inestabilidad; por ello, es conveniente establecer zonas de tolerancia de forma que sólo provoquen el reprocesamiento aquellos cambios que se salgan de ellas.

El sistema regenerativo es más adecuado en entornos estables, mientras que el de cambio neto será preferible cuando existan frecuentes cambios. En algunos casos podrían utilizarse de forma complementaria.

#### **6.4.3. El uso de pedidos planificados firmes (PPF)**

Como hemos visto, en MRP los pedidos planificados son controlados exclusivamente por el Sistema, el cual los genera y los va modificando con la reprogramación. Sin embargo, existe la posibilidad de «congelar» un pedido planificado en una fecha concreta, de forma que se quede «fijo», es decir, que no cambie en sucesivas replanificaciones. También cabe introducir un pedido concreto en un período modificando la planificación de MRP.

Esta opción, denominada pedidos planificados firmes, puede ser muy conveniente en ciertas circunstancias, como por ejemplo:

- Retrasar la fecha de emisión de un pedido. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando se sepa que el tiempo de suministro se va a acortar, cuando el lote vaya a llegar en un período en el que no hay necesidades netas y, por tanto, pueda retrasarse cuando se sabe que no habrá capacidad disponible, etc.
- Adelantar la fecha de emisión de un pedido. Por ejemplo: si se sabe que su TS se va a alargar, si se detecta una previsible ruptura que puede evitarse haciendo llegar antes un pedido planificado, etc.
- Fijar un pedido más pequeño del que MRP establece con el método de cálculo del lote, de forma que esto acabado antes si es urgente. A título de ejemplo, imagínese que en el Ejemplo .....las necesidades netas del período 2 (=510) son urgentes y que el lote establecido (=2.190) puede retrasarse porque, debido a su tamaño, no se garantiza su finalización en el tiempo previsto. En ese caso, podríamos descomponerlo en dos lotes más pequeños (510 y 1.680) de forma que se acelerase la obtención de las necesidades netas del período 2.
- Aumentar el volumen de algún pedido para lograr incrementar el inventario ante posibles situaciones irregulares no previstas inicialmente.

Esta técnica flexibiliza la utilización de MRP y permite corregir los problemas que puedan derivarse de posibles circunstancias extraordinarias.

#### **6.4.4. El escalonamiento de las necesidades**

Es otra técnica que puede resultar de gran interés. Consiste en tener información sobre cómo se enlazan las necesidades de cada ítem con las fuentes que las provocan, o lo que es igual, con los Ítems de niveles superiores que las han generado. Para ello, se realiza el proceso inverso a la explosión de necesidades, siguiendo la Lista de Materiales, y proporcionando el ordenador el encadenamiento de necesidades y pedidos, se va desde el nivel en que esté situado el componente de que se trate, al pedido de nivel 0 que lo originó. Si tomamos como ejemplo el pedido planificado de ruedas del período 2 (=1480), veríamos que procede de las necesidades brutas de ruedas del período 3. Estas, a su vez, se han generado a partir de los pedidos planificados de monopatinos (= 100) y patines (= 270) del período 3, los cuales proceden, respectivamente, de las necesidades brutas de monopatinos (=100) y patines (=300), que aparecían en el período 5 en el Programa Maestro de Producción.

Esta es precisamente la principal aplicación de esta técnica: facilitar la retroalimentación de información desde el Plan de Pedidos de MRP a las necesidades del PMP. Con ello pueden verse, por ejemplo, los efectos que posibles retrasos o modificaciones de los pedidos de

componentes pueden provocar en el PMP. Se intentará, en un principio, no tener que alterarlo, lo cual puede conseguirse modificando los tiempos de suministro de pedidos situados en niveles comprendidos entre aquel que genere el problema y el PMP, o bien, actuando sobre las cantidades con pedidos firmes. En el ejemplo de las ruedas, un retraso del pedido mencionado traería consigo el de la entrega de las correspondientes cantidades del Programa Maestro. Ello podría evitarse si el tiempo de montaje de los 100 monopatines y 270 patines se acortase lo suficiente gracias a la aplicación de medidas transitorias de ajuste de capacidad (horas extras, subcontratación, etc.).

Además de lo anterior, esta técnica:

- Permite mejorar la comunicación de la empresa con sus proveedores, a los que puede tener informados de dónde, cómo y cuándo se van a usar los materiales que suministre.
- Es útil en la relación de la empresa con sus clientes, a los cuales puede hacer partícipes de los problemas mencionados y hacer que, en su caso, colaboren en la solución de los mismos (por ejemplo, puede que no tengan inconveniente en aceptar el retraso puntual de un pedido).

El inconveniente fundamental de esta técnica es la dificultad de su aplicación cuando las necesidades de componentes son generadas por múltiples ítems de nivel superior (por ejemplo, elementos que figuran en múltiples listas de materiales). En este caso se originan largos tiempos de cálculo y se hace necesario mantener una amplia capacidad adicional de registros. La información necesaria para realizar el escalonamiento puede guardarse en el Fichero de Registro de Inventarios o bien almacenarse por separado.

## 6.5. SALIDAS DEL SISTEMA MRP ORIGINARIO

Los outputs del sistema MRP forman un abanico muy amplio y variado, presentándose además en distintos formatos, ya sean informes o mensajes individuales visualizados en las pantalla de los ordenadores o listados obtenidos a través de las impresoras. Todo este conjunto de salidas puede agruparse en salidas primarias y salidas secundarias, que pasamos a describir a continuación.

### 6.5.1. Salidas primarias del sistema MRP

Se trata del conjunto de informes básicos relativos a necesidades y pedidos a realizar de los diferentes Ítems para hacer frente al Programa Maestro de Producción, así como a las acciones que hay que emprender para conseguirlo. Constituyen la salida fundamental de todo sistema MRP y se pueden concretar en el Plan de Materiales y en los Informes de Acción.

#### 6.5.1.1. El Plan de Materiales

El Plan de Materiales (compras y fabricación denominado también Informe de Pedidos Planificados o Plan de Pedidos, es una salida fundamental del sistema MRP, pues contiene los pedidos planificados de todos los Ítems, tal como vimos en el Ejemplo. Por regla general, los Sistemas MRP suelen tener dos maneras de presentar esta información: modalidad de Cubos de Tiempos (The time-hucket Approach) y modalidad de Fecha/Cantidad (The Date/Quantity Approach). En ambos casos, aparecen en la cabecera los datos descriptivos e identificativos y los factores de planificación de los distintos ítems, al objeto de facilitar la labor del planificador de materiales. En cuanto a la información sobre los pedidos, la primera modalidad la presenta de forma matricial, de forma análoga a la que aparecía en la Tabla .... En cambio, el formato de fecha/ cantidad es vertical, por orden de fecha; cada fila, que corresponde a un día laborable dentro de un periodo, refleja la cantidad correspondiente a un concepto determinado: necesidades brutas, lanzamiento de pedidos planificados, etc. Este segundo formato asocia los datos a la fecha del día que les corresponda dentro del período, de ahí que suministre al usuario una información mucho más precisa que el primer formato (ver Tabla ). Los sistemas MRP que utilizan esta modalidad se denominan «sistemas MRP sin cubos» {Bucketless MRP Systems}(T. F. Wallace, 1984).

Creemos que sería de bastante utilidad para los usuarios el poder disponer de ambos formatos de información, y que el sistema procesase y almacenase internamente los datos, asociándolos a fechas de días dentro del cubo de tiempo. Si el coste de procesamiento de dicha información es elevado, sólo restaría, como está ocurriendo en la práctica, utilizar datos agregados asignados a cubos de tiempo, normalmente semanales.

Un correcto Plan de Materiales no sólo beneficia al Departamento de Operaciones que, por un lado, podrá disminuir enormemente el tiempo dedicado a aceleración de pedidos y, por otro, el empleo extraordinario de recursos para hacer frente a una producción insuficiente en relación con los compromisos de los clientes. También el Departamento de Compras podrá reducir al mínimo la aceleración de pedidos a proveedores que, tradicionalmente, viene ocupando mucho tiempo al personal de dicha área. Este podrá dedicarse, pues, a lo que debe constituir su función principal: mejorar las relaciones con los proveedores y asegurar la entrega de pedidos esenciales, búsqueda de fuentes alternativas de suministro, etc. Por otra parte, si se proporciona a los proveedores informes sobre los pedidos planificados, aquéllos podrán planificar adecuadamente su capacidad antes de recibir los pedidos concretos y se posibilitará una mejor interacción con el Plan de Materiales de la propia empresa. Cuando el proveedor también utiliza sistemas MRP, la coordinación se hace más fácil, mejorándose los resultados de ambos, especialmente si se utiliza el sistema EDI de intercambio electrónico de

datos (ver Cuadro 4.2),

Tablas Formato del Plan de Materiales

a: Modalidad de cubos do tiempo

Descripción Ítem .....	Bomba 21	Clase inventario: A			
Código identificativo	21253				
Tiempo suministro	2 semanas	Cantidad asignada	0		
Stock seguridad	0				
Algoritmo tamaño lote	lote a lotes				
Semanas	23	24	25	26	27
Necesidades brutas	50	0	100	60	10
Recepciones programadas	150				
Disponibilidades	50	50	0	0	50
Necesidades netas				10	10
Recepción pedidos planificados				10	10
Lanzamiento pedidos planificados	10	10			

b. Modalidad de fechas/cantidad

Descripción	Bomba 21			
Código identificativo	21253			
Tiempo suministro	2 semanas	Cantidad asignada: 0		
Stock de seguridad	0			
Algoritmo lote	Lote a lote			
Semana	Día laboral	Tipo de dato	Cantidad	Disponible
23	123	—	—	50
23	124	NB	30	20
23	126	NB	20	0
24	129	PPL	10	0
25	132	RP	150	150
25	133	NB	60	90
25	134	NB	40	50
25	135	PPL	10	50
26	137	RPPL	10	60
26	138	NB	40	20
26	139	NB	20	0
27	142	RPPL	10	10
27	143	NB	10	0

NB = Necesidades Brutas; PPL = Lanzamiento pedidos planificados;  
RPPL = Recepción de Pedidos Planificados; RP = Recepciones Programadas,

Como caso real, podemos citar el de la compañía Ford (Emmcihain/, 1993, pág. 43) que ahora utiliza EDI para la comunicación con concesionarios y proveedores: los concesionarios

realizan los pedidos de automóviles, los cuales son introducidos en el sistema EDI tan pronto como se reciben. A continuación, la información pasa directamente a los ordenadores de los proveedores en una semana como mínimo, se completa actualmente en forma de pedidos de componentes, con lo que Ford evita la posibilidad de que el personal administrativo archive o Lea incorrectamente las solicitudes. A la recepción del pedido electrónico normalizado, el ordenador del proveedor lo procesa directamente y pasa a confirmar de inmediato las fechas y condiciones de entrega mediante una respuesta electrónica normalizada. Así, el proceso de pedidos, que acostumbraba a prolongarse una semana como mínimo, se completa actualmente en cuestión de horas y con una mejora considerable en la precisión de la información que se maneja.

#### **6.5.1.2. Los informes de acción**

Esta salida indica, para cada uno de los ítems, la necesidad de emitir un nuevo pedido o de ajustar la fecha de llegada o la cantidad de algún pedido pendiente. Se pueden visualizar en las pantallas de los terminales así como a través de listados. Aunque es el ordenador quien genera estos informes, es el planificador quien debe tomar las decisiones a la vista de los mismos. Así, cuando en el primer periodo del horizonte de planificación, denominado «cubo de acción», aparece el lanzamiento de un pedido planificado, se emitirá el correspondiente pedido siempre que se disponga de sus componentes en la cantidad necesaria. Hecho esto, se llevará a cabo una transacción para actualizar convenientemente el Fichero de Registros de Inventarios. En la próxima programación, el pedido emitido aparecerá en la fila de recepciones programadas y habrá desaparecido de la fila de lanzamiento de pedidos planificados, pues ya no existirá el cubo de tiempo en que estaba situado.

Puede ocurrir, sin embargo, que el planificador decida modificar la cantidad del lote o el tiempo de suministro (TS) especificado para un cierto componente. Así, puede suceder que, al emitir un pedido y asignarle el TS normal, la llegada prevista del correspondiente pedido planificado no sea suficiente (conjuntamente con las disponibilidades del período) para cubrir las necesidades brutas y el stock de seguridad del cubo de tiempo en cuestión. Este hecho puede darse por diversas circunstancias, como, por ejemplo, una cantidad de defectuosos inesperada, cambios de última hora en el PMP, información errónea en el Fichero de Registros de Inventarios, etc. Ante esta eventualidad, el planificador debe determinar si el pedido puede incrementarse o, al menos, acelerarse y obtenerse en un TS inferior al estándar; para ello deberá consultar los informes de capacidad y hablar con el responsable de fabricación (caso de pedidos internos) o contrastar con el proveedor (si el pedido es externo). Si estas circunstancias son favorables incrementará el pedido o, en su caso, acortará el TS; en caso contrario, podrá optarse por romper el pedido en lotes más pequeños y acelerar parte del mismo.

También puede darse el caso contrario, es decir, que al aplicar los datos estándar, dé como resultado una cantidad superior a la requerida por las necesidades brutas y el stock de seguridad. Ello podría llevar a retrasar la llegada del pedido pendiente o a disminuir el tamaño del mismo.



### **6.5.2. Salidas secundarias del sistema MRP**

Junto con las salidas primarias, tradicionales del MRP, pueden existir otras de utilidad que dependen del paquete de software empleado. A continuación comentamos someramente algunas de ellas. Las dos primeras servirán de ayuda al buen desarrollo del proceso de MRP; en cuanto a las restantes, si se valora la información suministrada por el sistema en unidades monetarias, pueden ser de suma utilidad para distintos Departamentos de la firma. Así, por ejemplo, mediante la valoración en u.m. de las cantidades disponibles en inventario a lo largo del horizonte de planificación, se puede generar un listado que refleje las inversiones en inventario a realizar por la empresa en el próximo futuro. Si se valorasen en u.m. los pedidos de ítems a adquirir fuera de la empresa, dispondríamos de los compromisos futuros de compra a los que la empresa tendrá que hacer frente. Pasamos ahora a describir someramente algunas de estas salidas secundarias:

**6.5.2.1. Mensajes individuales excepcionales.** Son generados como respuesta a las transacciones de inventario introducidas en el Sistema y sólo aparecen en las pantallas de los terminales. Entre estos mensajes se encuentran los siguientes: código identificativo no existente, código de la transacción no existente, exceso en el número de dígitos de la cantidad de un pedido pendiente de recibir o de la cantidad de disponible, etc. Estos mensajes desarrollan un papel fundamental al dotar al sistema de una capacidad de auto detección de errores que ayuda enormemente a mantener la exactitud de los datos.

**6.5.2.2. Informe de las Fuentes de Necesidades.** Este informe (Pegged Requirement Report) relaciona las necesidades brutas de cada ítem con las fuentes que las producen, ya sean demandas de piezas de repuesto o lanzamientos de pedidos planificados de ítems de niveles superiores- La enorme utilidad de esta información pudo verse en el Apartado ...

**6.5.2.3. El Informe de Análisis ABC en función de la planificación.** Refleja el estado y el valor de las existencias previstas en stock en función de un análisis ABC. Se trata de una información que proporciona un medio ágil y eficaz de reacción para la determinación de los distintos tipos de ítems en la inversión necesaria en inventario.

**6.5.2.4. El Informe de Material en Exceso.** El sistema MRP es capaz de determinar fácilmente aquellas existencias que van a resultar excedentes, una vez cumplidas las necesidades previstas por el Programa Maestro de Producción y las demandas de los diferentes ítems en inventario. Dicha información, valorada en u.m. es la que se refleja en este informe.

**6.5.2.5. El informe de Compromisos de Compra.** Refleja el valor de los pedidos planificados a proveedores, representando los correspondientes pagos durante los distintos períodos de tiempo.

**6.5.2.6. El Informe de Análisis de Proveedores.** Resume el comportamiento de los proveedores respecto a los tiempos de suministro, precio y calidad, sirviendo de gran ayuda al Departamento de Compras para la elección del proveedor de futuros pedidos. Para la obtención de este tipo de informe bastará con que el sistema MRP guarde la información relativa a los pedidos externos que se han venido realizando para cada ítem.

Estas salidas secundarias que acabamos de ver, y que podrán variar mucho de una empresa a otra, dependiendo de las características concretas en que se desenvuelva, no son más que una muestra de las amplias posibilidades que abre el uso de un sistema MRP.

## 6.6. CONSIDERACIONES FINALES: Relación con otras áreas de la empresa

No hemos considerado hasta aquí las restricciones de capacidad y hemos programado la fabricación y los inventarios sin tener en cuenta dicho factor, el cual abordaremos en el próximo capítulo cuando tratemos los sistemas MRP de bucle cerrado. Sin embargo, la utilidad del MRP no acaba en el campo de la producción e inventarios, sino que se va extendiendo a otras áreas de la empresa. Por ejemplo, se está tomando conciencia de que el MRP puede resultar una herramienta importante para mejorar la planificación y el control financieros. Cuando se acepta un Programa Maestro de Producción, el gerente financiero acepta el compromiso de financiar su realización. A partir de la misma base de datos utilizada para obtener la planificación de pedidos y de capacidad puede deducirse, en forma resumida, la programación de las necesidades de recursos financieros, los cuales son tratados como cualquier otro componente del producto. Del mismo modo, puede ser utilizado para el cálculo de costes de los diferentes productos a partir de sus respectivas listas de materiales y del uso de los diferentes recursos. Al ponerse en marcha el sistema, sus salidas permitirán vigilar los presupuestos y controlar los costes (ver Campbell y Porcano, 1979). Asimismo, incorporando información sobre los distintos tipos de mano de obra necesarios para cada producto puede realizarse una explosión análoga a la efectuada con los materiales. Ello permite hacer previsiones de personal, constituyendo, pues, un instrumento valioso en este campo.

Lógicamente, como indicábamos en el Apartado 4.1, se suele comenzar empleando el MRP para planificar y programar inventarios y producción (sistema MRP originario), incluyendo a continuación la planificación de la capacidad de recursos (MRP CL). Por último, una vez alcanzado lo anterior puede pensarse en ampliar el sistema a la planificación y control de otros departamentos de la empresa, tal como mencionábamos anteriormente (MRP II). Es interesante hacer notar que mediante estos sistemas se consigue coordinar conjuntamente las actividades de las distintas áreas de la empresa, lo cual está de acuerdo con la concepción sistémica de la misma y es la mejor forma de conseguir beneficios sustanciales de la aplicación del MRP. Todas estas posibilidades se verán más claramente en el próximo capítulo, aunque en el que aquí finaliza ha podido observarse la interacción con:

- Departamento de Compras, a través de Plan de Materiales, tiempos de suministros externos, informes de acción que implican ajustes en pedidos externos, etc.
- Ingeniería, a través de la Lista de Materiales.
- Área Financiera, por los niveles de stock de seguridad o los aspectos económicos derivados de las posibles técnicas de dimensionado de lotes.
- Contabilidad y Sistemas de Información, que deben suministrar la información necesaria para el desarrollo del proceso de explosión de necesidades.

**Bibliografía**

- Adam Everett, Ebert Ronald, Administración de la Producción y la operaciones, Prentice Hall
- Berenson Mark, Estadística Básica en Administración, Prentice Hall, México.
- Delfosse Marcel G., El Planning, Ed. Hispano Europea, Barcelona, España
- Dominguez Machuca José, Dirección de Operaciones, McGraw Hill, Madrid
- Echaide Ignacio, Planificación y Control de Producción, Ediciones TEA S.A., Madrid, España.
- Maynard H.B., Industrial Engineering Handbook, McGraw Hill, New York
- Monks Joseph G., Administración de Operaciones, McGraw Hill, México
- Paredes R. Jorge, Programación Lineal, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador
- Paredes R. Jorge, Método del Transporte de programación lineal, Universidad del Azuay ,Cuenca.

## INDICE

1 INTRODUCCION	3
1.1. Ubicación de la función dentro del sistema Empresa	3
1.2 Planificación empresarial y Planificación y Control de la Producción	4
1.2.1. Enfoque jerárquico; Fases de la planeación	4
2. LOS PRONOSTICOS EN LAS OPERACIONES	5
2. 1. Definiciones de pronóstico y de predicción	5
2.2. Usos de los pronósticos en la empresa	5
2.3. Efectos del ciclo de vida del producto sobre la metodología del pronóstico	6
2. 4. Modelos de pronósticos útiles para las operaciones	7
2.4.1. Resumen de métodos de pronósticos más conocidos	7
2.4.2 Modelos cualitativos	7
2.4.2.1. Método Delphi	7
2.4. 2. 2. Método de Grupo Nominal	8
2.4.3. <a href="#">Modelos cuantitativos</a>	10
2.4.3.1. Modelos básicos de promedios	10
2.4.3.1.1. Promedio simple	10
2.4.3.1.2. Media móvil simple	10
2.4.3.1.3. Media móvil ponderada	10
2.4.3.2. Suavizado exponencial	11
2.4.3.2.1. <a href="#">Suavizado exponencial de primer orden</a>	11
2.4.3.2.2. Suavizado exponencial adaptativo	13
2.4.3.2.3. Doble suavizado exponencial	14
2.4.3.3 Métodos de decomposición de factores de la demanda	15
2.4.3.3.1 Componentes de la demanda.	15
2.4.3.3.1.1. Proceso constante.	15
2.4.3.3.1.2. Proceso con tendencia.	15
2.4.3.3.1.3. Proceso estacional	16
2.4.3.3.1.4. Modelo multiplicativo de Holt-Winters	16
2.4.3.4. Métodos de regresión	18
3. INTRODUCCIÓN A LA P. Y C. DE LA CAPACIDAD	19
3.1. Proceso de planificación y control de la Capacidad	19
3.2. Estrategias para adecuar capacidad disponible	21
3.2.1 Modelos de decisión para planeación de la capacidad estructural	21
3.2.1.1. Programación lineal	21
3.2.1.2. Árboles de decisiones	21
3.2.1.3. Punto de equilibrio	22
3.2.1.4 Ponderación de factores	22
3.2.1.5. Automatización de procesos	23
3.2.1.6. ROBOTS	23
3.2.1.7. La preautomatización	24
3.2.1.8. La economía de múltiplos	24
3.2.2. Ajustes transitorios	25
3.3. TOC	25
3.4. Tipos de capacidad	27
3.5. Capacidad Disponible	27
3.5.1. Tipos de Capacidad disponible	27
3.5.1.1. Diseñada, Real, Máxima, Demostrada	27
3.5.2. Unidades de medida	28
3.5.3. Arbol de estructura de los tiempos de carga	29

3.5.4. Ejemplo de cálculo de tiempos de carga	29
4. PLANEACIÓN y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	32
4.1. Introducción a la Planeación Agregada	32
4.2. Concepto básico del proceso de PLAN AGREGADO	32
4.2.1. Concepto de Agregación	32
4.2.2. Metas del PLAN AGREGADO	32
4.3. Estrategias para el desarrollo de Plan Agregado	32
4.3.1. Estrategia de Caza	32
4.3.2. Producción constante	32
4.4. Técnicas para el cálculo del Plan Agregado	33
4.4.1. Método gráfico	33
4.4.2. Métodos de optimización matemática	34
4.4.2.1 Programación Lineal: M. Transporte	34
4.4.2.1. El problema de la mezcla de productos	34
5. PROGRAMACIÓN MAESTRA DE LA PRODUCCIÓN	35
5.1. Proceso de una PMP factible	35
5.2. Horizonte de Planificación, HP	35
5.3. Desagregación del PA y obtención del PMP propuesto	35
5.4. Planificación aproximada de la capacidad	35
5.4.1. Listas de capacidad	36
5.4.2. Los perfiles de recursos	38
5.4.3. Consideraciones finales	38
6 PROGRAMACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES	40
6.1 Introducción	40
6.1.1. Conceptos de PRM	42
6.2 Esquema básico	42
6.2.1. Entradas	42
6.2.1. Desarrollo del método	43
6.3. Técnicas de dimensionado del lote	48
6.3.1. Pedidos lote a loteI	49
6.3.2. Período constante	49
6.3.3. POQ (Periodic Order Quantity)	49
6.3.4. Mínimo coste unitario	49
6.3.5. Mínimo coste total	50
6.3.6. El método Silver-Meal	51
6.3.7. Ratio coste de emisión/coste de posesión (Part-period balancing)	51
6.3.8. El algoritmo de Wagner-Whitin	52
6.3.9. Lote económico (LEC)	52
6.3.10. Elección de una técnica de dimensionado del lote	52
6.3.11. Ajustes en el tamaño del lote	53
6.3.12. Utilización de stocks de seguridad (SS)	54
6.3.13. Actualización de la planificación. Reprogramación en PRM	55
6.3.14. Algunos factores que influyen en el cálculo de necesidades y programación de pedidos	55
6.4. Sistemas de reprogramación en PRM	56
6.4.1. Sistema PRM regenerativo	56
6.4.2. Sistema PRM de cambio neto	56
6.4.3. El uso de pedidos planificados firmes (PPF)	57
6.4.4. El escalonamiento de las necesidades	57
6.4. Planeación detallada de la capacidad	

6.5.SALIDAS DEL SISTEMA MRP ORIGINARIO	59
6.5.1 Salidas primarias del sistema PRM	59
6.5.1.1. El Plan de Materiales	60
6.5.1.2. Los informes de acción	61
6.5.2. Salidas secundarias del sistema PRM	62
6.5.2.1 Mensajes individuales excepcionales.	62
6.5.2.2 Informe de las Fuentes de Necesidades.	62
6.5.2.3 El Informe de Análisis ABC en función de la planificación.	62
6.5.2.4 El Informe de Material en Exceso.	62
6.5.2.5 El informe de Compromisos de Compra (Purchase Commitment Report).	62
6.5.2.6 El Informe de Análisis de Proveedores.	62
6.6. Consideraciones finales: relación con otras áreas de la empresa	63
Bibliografía	64
Apéndice 1: Pronósticos cuantitativos.- Error en el pronóstico.	
Apéndice 2: Desarrollo del método de Holt-Winters	
Apéndice 3: Arbol de estructura del tiempo de carga de un producto en toda su ruta	
Apéndice 4: Datos para calcular el Plan aproximado de capacidad	
Apéndice 5: Cálculo de tiempos totales de carga en CTs para calcular las listas de capacidad e en PMP.	
Apéndice 6: Determinación del Plan Aproximado de Capacidad y comparación con la Capacidad disponible mediante Listas de Capacidad	
Apéndice 7: Perfiles de Recursos	
Apéndice 8: Determinación del Plan Aproximado de Capacidad obtenido mediante Perfiles de Recursos	
Apéndice 9: Diagrama del proceso de la planificación y control de la producción	
Apéndice 10: Correspondencia entre Planificación de Producción y Planificación de Capacidad	
Apéndice 11: Tabla para realizar la planeación Agregada de la Producción	
Apéndice 12: Planilla para el PMP inicial	
Apéndice 13: Planilla para el PMP propuesto	
Apéndice 14: Desarrollo del PRM	
Apéndice 15: Resumen para efectuar pedido a f-abrica y/o proveedores	