

DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL DIRIGIDO A LA PLANIFICACIÓN Y  
PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

ADRIANA VANESSA ORTIZ MAYORQUÍN

SEBASTIÁN VÉLEZ JARAMILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN

FACULTAD DE MINAS

MEDELLÍN

2009

DESARROLLO DE UN SISTEMA COMPUTACIONAL DIRIGIDO A LA PLANIFICACIÓN Y  
PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

ADRIANA VANESSA ORTIZ MAYORQUÍN

ESTUDIANTE DE PREGRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL

SEBASTIÁN VÉLEZ JARAMILLO

ESTUDIANTE DE PREGRADO INGENIERÍA INDUSTRIAL

ASESOR:

ALEXANDER ALBERTO CORREA ESPINAL I.I, M. Sc, Ph.D.

Profesor Asociado

Escuela Ingeniería de la Organización

Facultad de Minas

Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE MINAS

ESCUELA DE INGENIERÍA DE LA ORGANIZACIÓN

MEDELLÍN

2009

## **DEDICATORIA**

Yo, Sebastián dedico este trabajo a Dios y a mi familia. Sin su apoyo y comprensión no hubiese sido posible.

Yo, Adriana Vanessa Ortiz Mayorquin quisiera dedicar este trabajo a Mi Dios que siempre ha estado allí, a mi familia que siempre me ha apoyado y a todos los que estuvieron a mi lado en las buenas y malas cuando los necesite, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos la dirección y colaboración del profesor Alexander Correa Espinal en el desarrollo del presente trabajo. Sin su apoyo no hubiese sido posible lograrlo.

## CONTENIDO

1. OBJETIVOS
  - 1.1. GENERAL
  - 1.2. ESPECÍFICOS
2. RESUMEN
  - 2.1. PALABRAS CLAVE
3. ABSTRACT
  - 3.1. KEYWORDS
4. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN
  - 4.1. METODOLOGÍA
  - 4.2. ALCANCE
  - 4.3. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO
5. CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL-TEÓRICO
  - 5.1. PREVISIÓN - PRONÓSTICOS
  - 5.2. PLANIFICACIÓN AGREGADA
  - 5.3. PLANIFICACIÓN DE NECESIDADES DE MATERIALES (MRP)
6. CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN
  - 6.1. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA
  - 6.2. ALTERNATIVAS EXISTENTES EN EL MERCADO
  - 6.3. SELECCIÓN DEL LENGUAJE Y JUSTIFICACIÓN
  - 6.4. ESTUDIOS RELACIONADOS
7. CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA
  - 7.1. COMPONENTES
  - 7.2. DESCRIPCIÓN
  - 7.3. OPERACIÓN
  - 7.4. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE
  - 7.5. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE
8. CAPÍTULO 5. RESULTADOS
  - 8.1. CORRIDA EXPERIMENTAL
  - 8.2. VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS
  - 8.3. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO
9. CAPÍTULO 6. CONSIDERACIONES FINALES
  - 9.1. CONCLUSIONES
  - 9.2. RECOMENDACIONES
10. GLOSARIO
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Pág.</b>
1. Opciones de planificación agregada: ventajas y desventajas.....	31
2. Resumen de los tres métodos de planificación agregada más importantes.....	35
3. Planificación de los recursos de materiales (MRP II).....	51
4. Proveedores y sistemas nacionales de ERPs.....	57

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1. Descomposición de una serie temporal.....	17
2. Método de mínimos cuadrados para hallar la recta más ajustada.....	21
3. Distribución alrededor del punto de estimación.....	24
4. Cuatro valores del coeficiente de correlación.....	25
5. Una representación de las señales de rastreo.....	26
6. Responsabilidades y planificación de tareas.....	29
7. Relaciones de la planificación agregada.....	30
8. Gráfico de la demanda estimada y de la demanda estimada media.....	33
9. Plan agregado por el método del transporte de la programación lineal.....	34
10. El proceso de planificación.....	37
11. Enfoque típico de la programación marco de producción en tres estrategias de proceso.....	38
12. Estructura de producto.....	39
13. Estructura de producto desplazada en el tiempo.....	41
14. Relación entre el plan agregado y el plan marco de producción.....	42
15. Plan de necesidades brutas de materiales.....	42
16. Estructura del sistema MRP.....	43
17. Plan de necesidades netas de materiales.....	44
18. Varios programas que contribuyen al programa de necesidades brutas de B.....	45
19. Ejemplo de una hoja de planificación MRP.....	45
20. Planificación de las necesidades de bucle cerrado.....	49
21. Informes de carga.....	50
22. Flujo de información de MRP y de la ERP integrado con otros sistemas de información.....	52

23. Cuadrante Mágico de Gartner para suites ERP años 2005-2009.....55



## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. GENERAL**

Revisar el estado del arte de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC'S) en la ciudad de Medellín y su grado de apropiación e implementación en las PYMES, con el ánimo de sustentar y justificar el desarrollo de un sistema computacional dirigido a la planificación y programación de actividades de la cadena de suministro.

### **1.2. ESPECÍFICOS**

- Llevar a cabo una investigación del estado del arte de la apropiación e implementación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC'S) en las PYMES del sector manufactura en la ciudad de Medellín.
- Hacer una revisión bibliográfica de principales técnicas existentes para desarrollar pronósticos de demanda, planificación agregada y planificación de las necesidades de materiales.
- Con base en los resultados obtenidos en dicho estudio, proponer una solución informática para el problema de la planificación de largo, mediano y corto plazo de las operaciones de la cadena de suministro en las PYMES del sector de interés.
- Justificar la elección de las técnicas para el desarrollo del sistema computacional o solución.
- Hacer la correspondiente descripción de la solución desarrollada.
- Describir detalladamente la forma de operación de cada procedimiento componente del sistema desarrollado.
- Especificar los requerimientos mínimos tanto de hardware como de software para el correcto funcionamiento y desempeño de la solución desarrollada.
- Justificar la elección del lenguaje de programación escogido para el desarrollo de la propuesta.
- Ejecutar la solución con una corrida experimental, con el fin de hacer la validación de los resultados obtenidos.

- Concluir con respecto al estado de la apropiación de las TIC'S en las empresas del sector manufactura en la ciudad de Medellín, sobre las técnicas existentes para la planificación de actividades de la cadena de suministro, con respecto al sistema desarrollado y sus resultados, y plantear recomendaciones al respecto.

## **2. RESUMEN**

El siguiente trabajo presenta una revisión de estudios relacionados con la apropiación y el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC'S) en las empresas del sector manufacturero de la ciudad de Medellín y la problemática asociada con los altos costos de licenciamiento e implementación de las mismas. Ante la situación anteriormente mencionada, propone como solución a esta problemática el desarrollo de una herramienta que sirva de soporte para el procesamiento de datos y la toma acertada de decisiones en tiempo real. Presenta la justificación de la propuesta y el desarrollo de la misma, dentro de lo que se incluye los componentes, la descripción y la operación. Además, presenta las especificaciones de hardware y software necesarias para el funcionamiento y correcto desempeño de la solución desarrollada. Hace alusión a los resultados obtenidos en una corrida experimental y la validación respectiva. Por último, se obtienen conclusiones y se plantean las recomendaciones pertinentes.

### **2.1. PALABRAS CLAVES**

Tecnologías de Información y Comunicación (TIC'S), logística, administración de operaciones, cadena de suministro, planificación, solución computacional, PYMES.

## **3. ABSTRACT**

This work presents a review of studies related to the ownership and use of Information and Communication Technology (ICT) in companies of the manufacturing sector of the city of Medellin and the problems associated with the high costs of licensing and implementation of them. Given the above situation, it proposed as a solution to this problem, the development of a tool that supports the data processing and correct making decisions in real time. Presents the justification and development of it, into what components are included, the description and operation. It presents the specifications of hardware and software necessary for the operation and performance of the developed solution. Refers to results obtained in an experimental run and the validation. Finally, conclusions are obtained and the recommendations are relevant.

### **3.1. KEY WORDS**

Information and Communication Technologies (ICT), logistics, operations management, supply chain, planning, software, SME.

## **4. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

La competitividad se ha convertido en un objetivo primordial de todas las compañías, en todos los sectores y de todos los tamaños, debido a que el fenómeno de globalización exige que éstas, sean más eficientes y eficaces en el manejo de los recursos, tanto de producción como administración de personal y financieros, incrementando el rendimiento y mejorando los procedimientos de certificación de la calidad, medio-ambientales, de salud ocupacional y recientemente aquéllos correspondientes al servicio al cliente.

El avance en la tecnología, los nuevos desarrollos computacionales y las tecnologías de comunicación, todas resumidas en las tecnologías de información y las comunicaciones (TIC'S), han permitido que las empresas desarrollen nuevos procedimientos para administrar sus operaciones, reduciendo costos e incrementando los niveles de flujo de la información, haciéndolas más dinámicas en la medida en que tienen a su disposición información en tiempo real para la toma de decisiones.

Actualmente en el mercado, se pueden encontrar sofisticadas herramientas de software que permiten ejecutar el proceso de planificación de la empresa en todas sus etapas, desde la planificación de tipo estratégico hasta la planificación táctica y operativa, pero debido a que su adquisición no es viable en muchas de las empresas colombianas y específicamente de la ciudad de Medellín y sus alrededores, por los altos costos que representa (sin tener en cuenta los costos asociados a la implementación, que en muchos casos llegan a ser cifras más elevadas que el mismo desarrollo de software), nosotros decidimos desarrollar en el presente trabajo, una solución sencilla pero efectiva para la problemática del proceso de planificación en la pequeña y mediana empresa en general, haciendo el respectivo estudio de las alternativas disponibles y las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Algunas de las soluciones de mayor reconocimiento a nivel mundial de ERP (Enterprise Resource Planning) son SAP y J. D. Edwards adquirido por la compañía Oracle, la segunda compañía de software independiente más importante del mundo.

### **4.1. METODOLOGÍA**

En cuanto a la metodología utilizada para el desarrollo del presente trabajo podemos decir que el primer lugar, consistió en la identificación de una problemática propia de las empresas colombianas relacionada con el área de estudio de la Ingeniería Industrial, enfocándonos más en el tema de las operaciones y la logística, por gusto propio. A continuación, y con la asesoría del director de trabajo de grado, acordamos el enfoque que se podría dar al desarrollo de la propuesta y el alcance de la misma. Con la temática plenamente definida, ampliamos los conceptos adquiridos en asignaturas preliminares,

mediante una revisión de bibliografía concerniente al área de interés y estudios relacionados que pudieran respaldar y justificar el desarrollo del sistema. Después de ello, y con la habilidad previamente desarrollada para la programación en lenguaje Visual Basic [24] bajo entorno de Excel, iniciamos el proceso de programación de la solución para el problema anteriormente mencionado. Luego de haber desarrollado la solución, se hizo una validación de los resultados que permitiera concluir sobre los mismos, y por último, se plantearon y propusieron recomendaciones y conclusiones con respecto a las metodologías utilizadas, al sistema desarrollado y a la implementación del mismo en la pequeña y mediana empresa.

## **4.2. ALCANCE**

El alcance del presente trabajo consiste en la identificación de la problemática en el proceso de planificación de las empresas, su justificación mediante estudios relacionados, el estudio de las técnicas existentes para el proceso de planificación a medio y corto plazo, y el desarrollo de un sistema computacional que permita a la pequeña y mediana empresa de la ciudad y sus alrededores desarrollar dicho proceso, incluyendo los pronósticos de la demanda, la planificación agregada y la planificación de los requerimientos de materiales.

## **4.3. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO**

Debido a la necesidad de las empresas de contar con información en tiempo real para la toma de decisiones en un mundo globalizado y competitivo, el uso de las tecnologías de información se convierte en una necesidad. Por lo anterior y por los altos costos que implica la adquisición e implementación de una solución de tipo comercial para la pequeña y mediana empresa, se justifica el desarrollo de un sistema computacional para llevar a cabo el proceso de planificación.

## 5. CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL-TEÓRICO

### 5.1. PREVISIÓN - PRONÓSTICOS

Cada día, los directivos de las empresas se enfrentan a la toma de decisiones bajo incertidumbre, con respecto a las ventas, demandas y beneficios esperados. Es por ello, que las herramientas de previsión ayudan a pronosticar los valores futuros de estos parámetros de tal forma que se minimicen los riesgos asociados a las operaciones de fabricación y comercialización de productos y servicios.

A continuación presentamos de forma breve las principales técnicas con las cuales se pueden preparar, controlar y evaluar la exactitud de una previsión.

¿Qué es la previsión?

Según Heizer y Render “es el arte y la ciencia de predecir acontecimientos futuros”. Puede comprender elementos tanto subjetivos como objetivos, dentro de los cuales tenemos las opiniones de personas expertas y modelos matemáticos y estadísticos. Las previsiones rara vez son perfectas, por ello se deben definir mediciones y valoraciones para determinar hasta qué punto puede llegar la previsión, es decir, la capacidad o poder de la misma. Una planificación eficiente, comprende el análisis de las previsiones sobre las demandas de los productos de la empresa.

#### 5.1.1. Horizontes temporales de la previsión

Hace referencia al horizonte de tiempo futuro. Existen tres tipos de horizontes:

1. Corto plazo: generalmente inferior a tres meses. Considera la planificación de compras, programación de trabajos, programación de necesidades de mano de obra, asignación de tareas y planificación de los niveles de producción.
2. Mediano plazo: entre tres meses y tres años. Considera la planificación de ventas, de la producción, del presupuesto y del flujo de caja, así como para el análisis de varios planes operativos.
3. Largo plazo: más de tres años. Considera la planificación de nuevos productos, desembolsos de capital, localización y expansión de instalaciones e investigación y desarrollo.

Así, podemos concluir que las previsiones de corto plazo serán más exactas que las de largo y que las técnicas empleadas para cada una de ellas serán de diferentes tipos de acuerdo a las necesidades.

Otro factor que se debe considerar a la hora de realizar previsiones es la influencia que tiene el ciclo de vida del producto.

### *5.1.2. Tipos de previsiones*

Existen básicamente tres tipos:

1. Previsiones económicas: dirigidas al ciclo empresarial, predicen las tasas de interés, masa monetaria, construcción de primeras viviendas y otros indicadores económicos.
2. Previsiones tecnológicas: hacen referencia a la tasa de progreso tecnológico.
3. Previsiones de demanda: proyecciones de demanda de los productos o servicios de la empresa. También conocidas como previsiones de ventas, determinan la producción de la empresa, su capacidad y los sistemas de planificación, y sirven como inputs de cara a la planificación financiera, de marketing y de personal.

Debido a que nuestro interés se focaliza en el área de operaciones, las previsiones de demanda, serán nuestro objetivo fundamental.

### *5.1.3. La importancia estratégica de la previsión*

Las previsiones se usan en muchas áreas de la empresa, dentro de las cuales se encuentran recursos humanos, capacidad y gestión de la cadena de suministro. Recursos humanos debe planificar los contratos o despidos de trabajadores, incluyendo los planes de capacitación de los mismos, capacidad debe planificar la utilización de los recursos de equipos y maquinaria y cadena de suministros debe mantener adecuadas relaciones con los proveedores.

### *5.1.4. Etapas del sistema de previsión*

1. Determinar la utilización de la previsión.
2. Seleccionar los artículos sobre los cuales se va a realizar la previsión.
3. Determinar el horizonte temporal de la previsión.
4. Seleccionar el o los modelos de previsión.
5. Recoger los datos necesarios para la previsión.
6. Realizar la previsión.
7. Validar e implementar los resultados.

Se deben tener en cuenta además las siguientes consideraciones:

- Rara vez las previsiones son perfectas.
- Se asume estabilidad sostenida del sistema en la mayoría de técnicas.

- Las previsiones de familias de productos son mejores que las de productos individuales.

#### 5.1.5. Enfoques de la previsión

- Previsiones cuantitativas: usan modelos matemáticos y estadísticos que utilizan datos históricos y/o variables causales para determinar la demanda. [29]
- Previsiones cualitativas: incorporan factores tales como la intuición de la persona que toma las decisiones, emociones, experiencias personales y sistemas de valores.

#### Visión de los métodos cualitativos

- Jurado de opinión ejecutiva: consiste en recoger la opinión de un pequeño grupo de directores cualificados a partir de la cual se establece una estimación conjunta de la demanda.
- Proposición de personal comercial: se basa en la estimación de las ventas estimadas por los vendedores.
- Método Delphi: consiste en un proceso de grupo que permite a los expertos realizar las previsiones.
- Estudio de mercado: requiere información de los clientes o clientes potenciales con respecto a los planes de compra futuros.

#### Visión de los métodos cuantitativos

Se pueden agrupar en dos categorías:

1. Modelos de series temporales: utilizan series de datos pasados para hacer la previsión.
  - Enfoque simple
  - Medias móviles
  - Alisado exponencial
  - Proyección de tendencia
2. Modelos asociativos o causales: incorporan variables o factores que pueden influir sobre la cantidad que se va a predecir.
  - Regresión lineal



### 5.1.6. Descomposición de una serie temporal

Una serie temporal normalmente se puede dividir en cuatro componentes:

1. Tendencia: movimiento gradual de ascenso o descenso de los datos a los largo del tiempo.
2. Estacionalidad: muestra de datos que se repite cada cierto número de días, semanas, meses o trimestres.
3. Ciclos: repetición de datos cada cierto número de años, debido a ciclos económicos, acontecimientos políticos o conflictos internacionales.
4. Variaciones aleatorias: son “chocs” en los datos causados por el azar y situaciones inusuales.

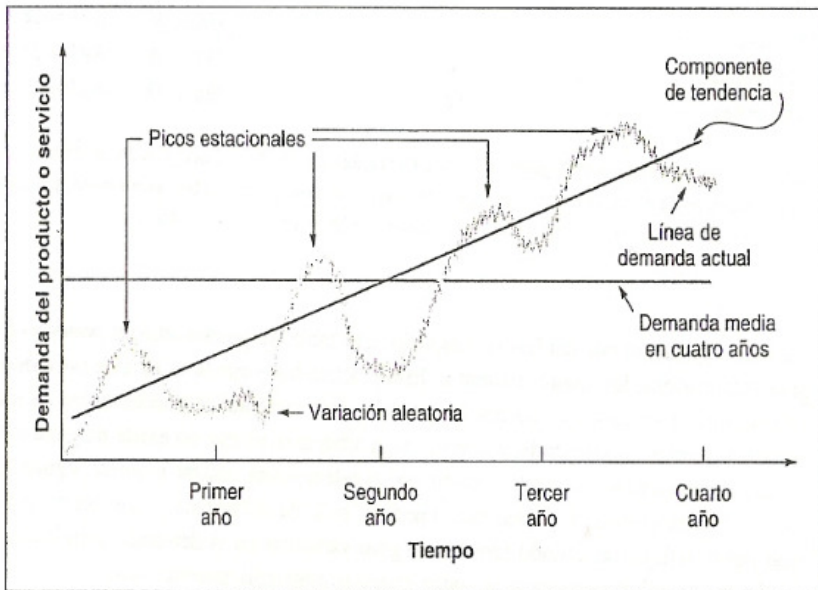


Figura 1. Descomposición de una serie temporal

La Figura 1 muestra la descomposición de una serie temporal de la demanda de un producto representada en un período de cuatro años.

### 5.1.7. Enfoque simple

Supone que la demanda del próximo período es igual a la demanda del último período. Presenta buena relación costo/beneficio.

### 5.1.8. Medias móviles

Método que utiliza la media de los  $n$  períodos de datos más recientes para hacer la previsión del período siguiente. Este modelo es útil cuando se puede suponer que las

demandas del mercado serán estables a lo largo del tiempo. Matemáticamente se puede expresar como:

$$\text{Media móvil} = \frac{\sum \text{demanda de } n \text{ periodos previos}}{n}$$

Cuando se presenta una tendencia o modelo detectable, se pueden utilizar ponderaciones para enfatizar más los valores recientes. La elección de las ponderaciones es algo arbitrario que en cierta medida requiere experiencia. La media móvil ponderada se puede expresar matemáticamente como:

$$\text{Media móvil ponderada} = \frac{\sum (\text{ponderación para el periodo } n)(\text{demanda en el periodo } n)}{\sum \text{ponderaciones}}$$

Tanto las medias móviles simples como la ponderada proporcionan estimaciones estables. Sin embargo presentan tres problemas:

1. Si se aumenta el número de períodos, se tiene un mejor alisado, pero el método se vuelve insensible a cambios reales.
2. Las medias móviles no son buenas para captar tendencias.
3. Se requiere un gran número de datos antiguos.

#### 5.1.9. Alisado exponencial

Es un modelo sofisticado de previsión a través de las medias móviles ponderadas. Necesita un pequeño número de datos. Matemáticamente:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

*Nueva previsión*

$$= \text{previsión del último periodo} + \alpha(\text{demanda real del último periodo} - \text{previsión del último periodo})$$

Donde  $\alpha$  es una ponderación o constante de alisado que toma valores entre 0 y 1.

La última estimación de la demanda es igual a nuestra antigua estimación, ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del último período y la estimación antigua.

Habitualmente la constante de alisado se encuentra entre 0,05 y 0,5 para aplicaciones empresariales. Se puede demostrar que a medida que la constante se aproxima a 1, ésta da mayor peso a los últimos períodos, mientras que si se acerca a 0, da mayor peso a los períodos menos recientes. [25]

### 5.1.10. Selección de la constante de alisado

La selección de una buena constante de alisado garantiza el éxito en las previsiones que se desarrollen con el modelo de pronósticos.

Se define entonces el error de previsión como:

Error de previsión = demanda – previsión.

Una medida del error global de un modelo de previsión es la desviación absoluta media (DAM), la cual representa la suma total de los valores absolutos de los errores de previsión individuales divididos por los n períodos de datos, así:

$$DAM = \frac{\sum |\text{errores de previsión}|}{n}$$

Algunos software informáticos encuentran automáticamente la mejor constante de alisado para la cual se minimicen los errores de previsión.

Otra forma de medir el error global de la previsión es el error cuadrático medio (ECM), el cual es la medida de las diferencias cuadráticas entre los valores previstos y los observados, así:

$$ECM = \frac{\sum |\text{errores de previsión}|^2}{n}$$

### 5.1.11. Alisado exponencial con ajuste de tendencia

Debido a que el alisado exponencial simple es incapaz de ajustar bien los valores cuando se presentan tendencias, es necesario plantear otro tipo de modelos que ajusten la tendencia para mejorar los pronósticos. La idea es calcular una media de los datos alisada exponencialmente, y luego ajustarla para desfases positivos o negativos en la tendencia. La nueva fórmula es:

*Previsión incluyendo la tendencia (FIT<sub>t</sub>) = previsión alisada exponencialmente (F<sub>t</sub>) + tendencia alisada exponencialmente (T<sub>t</sub>)*

En el alisado exponencial con ajuste de tendencia tanto la media como la tendencia están alisadas. Por ello, se requieren dos constantes de alisado, alpha para la media y beta para la tendencia. A continuación se muestra como se calcula la media y la tendencia en cada período:

*F<sub>t</sub> = α(demanda real del último período) + (1 – α) (previsión del último período + estimación de la tendencia del último período)*

$$F_t = \alpha(A_{t-1}) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(\text{previsión del período actual} - \text{previsión del último período}) + (1 - \beta)(\text{estimación de la tendencia del último período})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + ((1 - \beta)T_{t-1})$$

Donde:

$F_t$  = previsión alisada exponencialmente de la serie de datos en el período  $t$ .

$T_t$  = tendencia alisada exponencialmente en el período  $t$ .

$A_t$  = demanda real en el período  $t$ .

$\alpha$  = constante de alisado para la media.

$\beta$  = constante de alisado para la tendencia.

Por lo tanto el método para calcular una previsión con ajuste de tendencia es:

1. Calcular  $F_t$ .
2. Calcular  $T_t$ .
3. Calcular  $FIT_t$ , así:  $FIT_t = F_t + T_t$ .

La constante beta, se comporta de igual forma que la constante alpha.

El alisado simple es también llamado alisado de primer orden, el alisado con ajuste de tendencia es llamado alisado de segundo orden, y existe el alisado de tercer orden que incluiría la estimación de efectos de tipo estacional, pero que no mostraremos en el presente trabajo.

#### 5.1.12. Proyecciones de la tendencia

Es un método de previsión de series temporales que ajusta una línea de tendencia a una serie de datos históricos, y entonces proyecta la línea hacia el futuro para realizar previsiones. Solamente tendremos en cuenta el ajuste lineal.

Para ello hacemos uso del enfoque de mínimos cuadrados, mediante el cual se minimizan las distancias verticales entre la línea ajustada y los puntos reales. Ver Figura 2.

Una línea queda definida con el intercepto con el eje Y y con su pendiente, mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{y} = a + bx$$

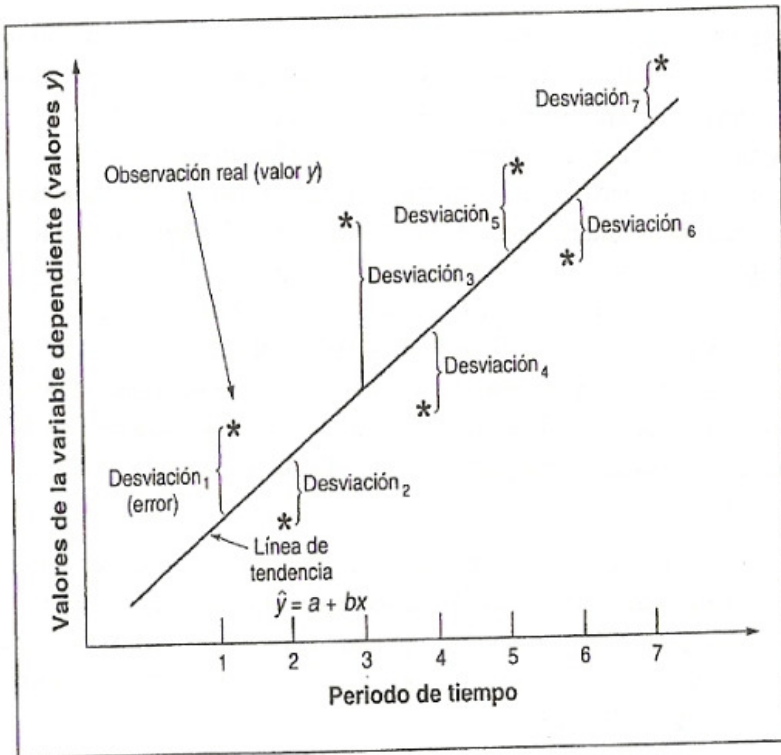


Figura 2. Método de mínimos cuadrados para hallar la recta más ajustada.

Donde:

“y con sombrero” es el valor calculado de la variable a predecir.

a = corte en el eje y

b = pendiente de la recta de regresión (velocidad de cambio de y con respecto a x)

x = variable independiente (tiempo)

La estadística ya tiene definidas las ecuaciones mediante las cuales se pueden encontrar los mejores estimadores del intercepto y la pendiente, así:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Donde:

b = pendiente de la recta de regresión

x = valores conocidos de la variable independiente

y = valores conocidos de la variable dependiente

$\bar{x}$  = media de los valores de x

$\bar{y}$  = media de los valores de y

n = número de datos u observaciones

Luego de ajustar la línea de tendencia se procede a realizar las previsiones, asignando valores futuros a la variable x (en este caso el tiempo), para obtener el correspondiente valor de y (variable dependiente - variable de interés).

Requisitos para el uso de mínimos cuadrados:

1. La relación entre los datos debe ser del tipo lineal. En caso contrario se debe hacer un análisis curvilíneo.
2. Las previsiones que se desarrollen con estos modelos deben no ser muy alejadas en su horizonte temporal, debido a la incertidumbre en los comportamientos futuros de los datos reales.
3. Las desviaciones alrededor de la recta de mínimos cuadrados se supone que son aleatorias, se distribuyen normalmente con la mayoría de los datos alrededor de la recta, y sólo un pequeño número se aleja de la misma.

#### *5.1.13. Variaciones estacionales en los datos*

Son movimientos regulares ascendentes o descendentes en una serie temporal que están vinculados a eventos periódicos.

La previsión de serie temporal incluye la determinación de la tendencia de los datos a lo largo de una serie temporal. La presencia de estacionalidad hace que sean necesarios ajustes sobre la línea de tendencia de la previsión. La estacionalidad se expresa en términos de la cantidad en la que difieren los valores reales de los valores medios en la serie temporal. Los índices estacionales se pueden obtener por distintos métodos comunes. En el conocido como modelo estacional multiplicativo, los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda media para producir una previsión estacional. La suposición en esta sección es que la tendencia se ha suprimido de los datos. Los pasos para el cálculo de factores estacionales de valores históricos son:

1. Encontrar la demanda histórica media de cada temporada.
2. Calcular la demanda media a lo largo de todos los períodos.
3. Calcular un índice estacional para cada temporada, dividiendo la demanda histórica real de ese período entre la demanda media a lo largo de todos los períodos.
4. Estimar la demanda anual total del año próximo.

5. Dividir la estimación de la demanda anual por el número de estaciones, y entonces multiplicarla por el índice estacional de ese período. Esto proporciona la previsión estacional.

#### 5.1.14. Variaciones cíclicas de los datos

Son patrones de los datos que se producen cada varios años. Su pronóstico a partir de una serie de datos temporal es difícil, debido a que es muy costoso predecir los puntos de inflexión que indican que está empezando un nuevo ciclo. El mejor camino para predecir ciclos de negocios es encontrar una variable principal con la que parezca correlacionarse la serie de datos.

#### 5.1.15. Métodos de previsión causal

#### 5.1.16. Análisis de regresión y correlación

A diferencia de los modelos de series temporales, los modelos causales, apoyan el cálculo de la variable de interés sobre otras variables que están relacionadas con ella, resultando en la mayor parte de los casos más poderosos. El modelo de previsión causal cuantitativo más común es el análisis de regresión lineal.

Para llevar a cabo un análisis de regresión lineal puede utilizarse el mismo modelo obtenido por mínimos cuadrados en la previsión con ajuste de tendencia, pero en este caso, la variable independiente  $x$  no tendrá que seguir siendo el tiempo.

Una debilidad de los modelos de regresión es la dificultad que se presenta en algunos casos para predecir los valores futuros de algunas posibles variables independientes como la tasa de desempleo, el producto nacional bruto, índice de precios, etc.

#### 5.1.17. Error estándar de la estimación

Es una medida de la variabilidad alrededor de la línea de regresión (su desviación estándar). Se puede calcular así:

$$s_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum(y - y_c)^2}{n - 2}}$$

Donde:

$y$  = valor de  $y$  para cada dato

$y_c$  = valor de la variable dependiente, calculado a partir de la ecuación de regresión

$n$  = número de datos

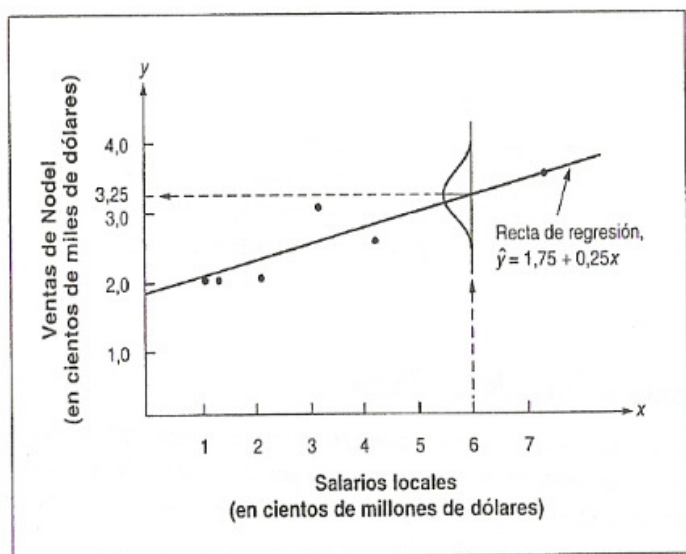


Figura 3. Distribución alrededor del punto de estimación.

La Figura 3 ilustra el concepto del error estándar de la estimación.

### 5.1.18. Coeficientes de correlación para las rectas de regresión

La correlación es una medida de la intensidad de la relación entre las dos variables. Puede tomar valores entre +1 y -1, dependiendo de la intensidad y proporcionalidad de la relación. Cuando toma el valor de cero, quiere decir que no existe ningún tipo de asociación lineal entre las variables consideradas, por lo que se puede afirmar que ellas son independientes. Cuando toma valores positivos entre 0 y +1, quiere decir que la relación es positiva y que un incremento en una de ellas, causará un incremento en la otra. De igual forma cuando toma valores entre -1 y 0, pero cambiando la relación de crecimiento-crecimiento por crecimiento-decrecimiento o decrecimiento-crecimiento. Cuando toma los valores exactos de +1 ó -1, quiere decir que la asociación lineal es perfecta. Se puede calcular así:

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Aunque el coeficiente de correlación es la medida comúnmente más utilizada, también existe otra medida llamada el coeficiente de determinación, que es sencillamente el cuadrado de r y representa la medida de la cantidad de variación en la variable dependiente con respecto a su media, que se explica mediante la ecuación de regresión.



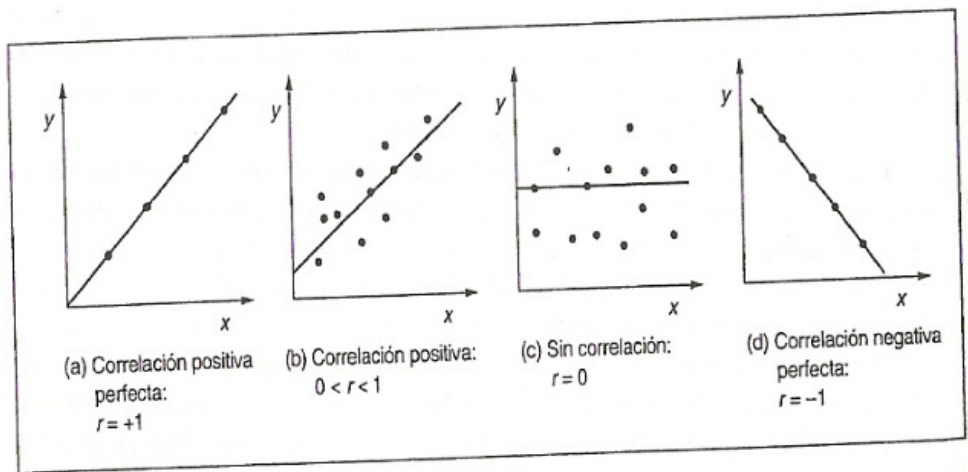


Figura 4. Cuatro valores del coeficiente de correlación.

#### 5.1.19. Análisis de regresión múltiple

Es un modelo de previsión causal con más de una variable independiente. Su desarrollo matemático es de tipo más avanzado y no lo incluiremos en nuestro análisis.

#### 5.1.20. Seguimiento y control de las previsiones

Una forma de efectuar el seguimiento de las previsiones para asegurarse de que se realizan correctamente es utilizar una señal de rastreo, la cual es una medida que determina el grado de precisión de la previsión para valores reales.

Debido a que periódicamente se actualizan las previsiones, los nuevos datos disponibles de la demanda se comparan con los valores de la previsión.

La señal de rastreo se calcula como la suma actual de los errores de previsión (SAEP) dividida entre la desviación absoluta media (DAM).

$$\begin{aligned} \text{Señal de Rastreo} &= \frac{\text{SAEP}}{\text{DAM}} \\ &= \frac{\sum(\text{demanda real del período } i - \text{demanda prevista del período } i)}{\text{DAM}} \end{aligned}$$

Donde:

$$\text{DAM} = \frac{\sum|\text{errores de previsión}|}{n}$$

Las señales de rastreo positivas indican que la demanda es superior a la previsión. Las señales negativas indican que la demanda es inferior a la previsión. Una buena señal de

rastreo tiene tanto error positivo como negativo. Una tendencia constante de las previsiones es ser superiores o inferiores que los valores reales; a esto se le denomina error de inclinación, el cual puede ocurrir si se utilizan variables o líneas de tendencia erróneas, o si se aplica mal un índice de estacionalidad.

Una vez que se han calculado las señales de rastreo, se comparan con los límites de control predeterminados. Cuando una señal de rastreo supera el límite de control, esto quiere decir que existe un problema con el método de previsión y se debería reevaluar.

El establecimiento de los valores de los límites de control depende de la exigencia que se quiera tener sobre las previsiones. En general, George Plossl y Oliver Wight, expertos en el control de inventarios, sugieren utilizar máximos de  $\pm 4$  DAM para productos con gran volumen de existencias y  $\pm 8$  DAM para productos con volumen pequeño. Ver Figura 5.

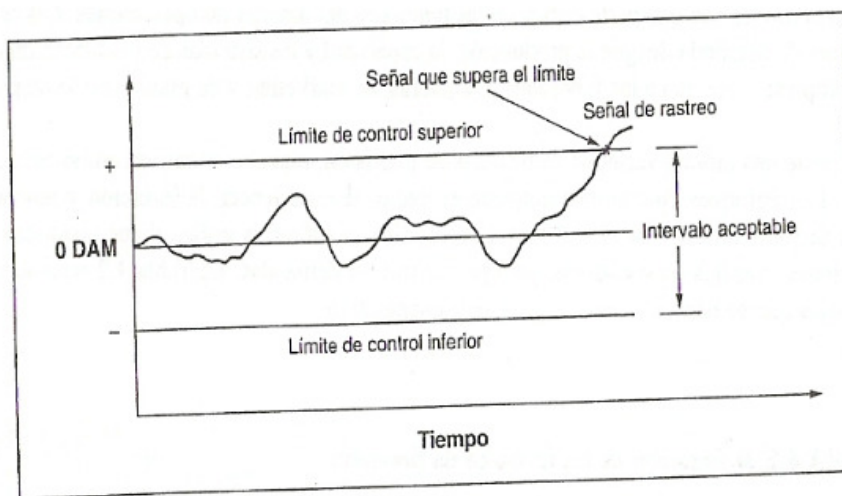


Figura 5. Una representación de las señales de rastreo.

#### 5.1.21. Alisado adaptable

Es un método de alisado exponencial en el que la constante de alisado se cambia automáticamente para mantener los errores en un mínimo.

#### 5.1.22. Previsión enfocada

Previsión que prueba una variedad de modelos de computador, y selecciona el mejor para una aplicación determinada. Se basa en dos principios: [17]

1. No siempre los modelos de previsión más complejos son mejores que los sencillos.
2. No existe una única técnica que se deba utilizar para todos los productos y servicios.

### *5.1.23. Software*

Desde la aparición de las computadoras personales, los paquetes de software especializados para llevar a cabo pronósticos se han popularizado, hasta el punto de haber en el mercado cientos de ellos, que van desde los más sencillos (macros en Excel y Lotus) hasta los más complejos (paquetes estadísticos como SAS y SPSS). Existen paquetes para todos los métodos cuantitativos y algunos métodos cualitativos. [19]

Tal vez el aspecto más importante que se debe buscar en un paquete de software es la cantidad de métodos de pronóstico que ofrece y la forma en la cual selecciona los métodos y los parámetros usados en ellos. Los paquetes más sencillos requieren que el usuario los especifique, mientras que los más avanzados hacen una búsqueda del método óptimo y de los mejores parámetros, permitiendo además que los usuarios los escojan, lo que brinda flexibilidad en el uso de la aplicación.

Otro aspecto ampliamente considerado es la posibilidad de integración con otros paquetes y aplicaciones. En cualquier caso, el paquete debe ser amigable o de lo contrario dejará de ser utilizado.

El usuario debe tener conocimientos básicos de las metodologías usadas por los paquetes, debido a que en última instancia es la persona quien toma las decisiones y quien se hace responsable de la interpretación de los resultados arrojados por el sistema. En la medida en que se ingresen datos “malos” al software, los resultados no tendrán validez en la práctica, causando ello la posible toma errónea de decisiones.

La selección del tipo de sistema a utilizar, depende directamente de las necesidades de la compañía y del volumen del procesamiento de datos asociado.

### *5.1.24. Pronósticos en la práctica*

En las empresas que cuentan con un gran número de productos a los cuales les deben desarrollar pronósticos, han optado por clasificarlos de acuerdo a la importancia que ellos representan para las finanzas de la misma, es decir, aplicar los métodos más complejos al 20 % de los productos que representan el 80 % de los ingresos (análisis de Pareto), y metodologías más sencillas al resto de los productos que representan el 20 % restante de los ingresos, o en casos extremos, hacer uso de modelos de semejanza entre productos para tratar de minimizar al máximo el tiempo y recursos invertidos en los análisis de pronósticos.

### *5.1.25. Evolución*

Los pronósticos deben sus orígenes a los primeros matemáticos y estadísticos. Tal cual los conocemos hoy, es probable que el trabajo pionero sea el libro de R. G. Brown (1962), seguido por el trabajo de Box y Jenkins (1976). Con la aparición de las computadoras

personales, el uso de los pronósticos se ha convertido en algo fácil y práctico para la mayoría de las organizaciones y personas.

## **5.2. PLANIFICACIÓN AGREGADA**

Cuando los directores de las compañías ya conocen, calcularon o estimaron los pronósticos de la demanda para los próximos períodos, deben planificar los recursos necesarios para desarrollar los planes de producción, considerando aspectos tales como los ritmos de producción, las necesidades de mano de obra, los niveles de inventario, la cantidad de horas extras, las tasas de subcontratación y otras variables controlables.

Al proceso de desarrollar un plan que contemple de forma conjunta todos los aspectos mencionados anteriormente, se le denomina planificación agregada, y su objetivo principal es minimizar los costos durante el período que se planifica. Sin embargo, otros objetivos pueden tener igual validez como, controlar los niveles de contratación, rebajar los niveles de inventario o conseguir un alto nivel de servicio. [11]

De esta forma, la planificación agregada hace referencia a la determinación de la cantidad y de la programación de producción para un futuro a medio plazo, generalmente entre 3 y 18 meses.

La planificación agregada requiere:

1. Una unidad global lógica para medir las ventas y la producción.
2. Una previsión de la demanda en estos términos agregados para un período razonable a medio plazo.
3. Un método para determinar los costos.
4. Un modelo que combine previsiones y costos.

A continuación hablaremos sobre las decisiones de planificación agregada, mostraremos cómo encaja la planificación agregada en el proceso global de planificación, y describiremos varias técnicas que utilizan los directivos para desarrollar un plan.

### *5.2.1. El proceso de planificación*

La planificación empieza cuando los directivos deciden desarrollar previsiones de la demanda a largo plazo para tratar de tomar decisiones con respecto a la política a seguir, la situación y ampliación de las instalaciones, el desarrollo de nuevos productos, la financiación de la investigación y las inversiones a realizar en un período de varios años. [26]

Una vez tomadas las decisiones de largo plazo, se debe pasar a efectuar la planificación a medio plazo para alcanzar los objetivos de la empresa. Las decisiones de programación intentan resolver el problema de igualar la productividad a las fluctuaciones de la

demanda. La planificación a medio plazo se desarrolla mediante un plan agregado de producción.

La planificación a corto plazo hace referencia a la programación de actividades específicas de producción como la carga, secuenciación, despacho y expedición de los pedidos. Esta última no será tenida en cuenta en la elaboración del presente trabajo.

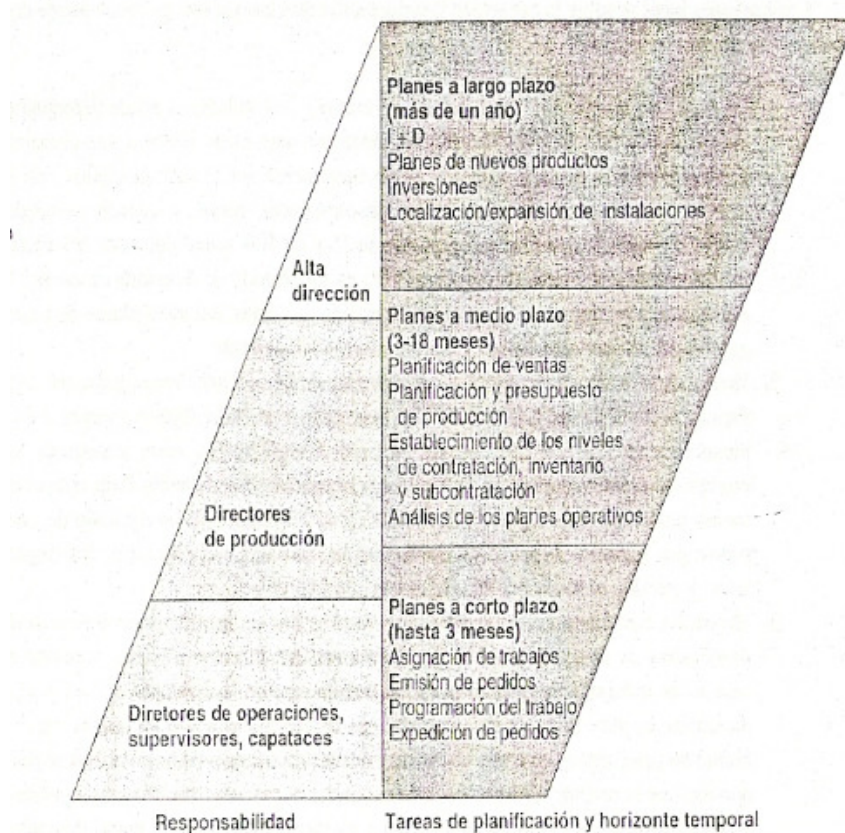


Figura 6. Responsabilidades y planificación de tareas.

### 5.2.2. La naturaleza de la planificación agregada

Conocida la previsión de la demanda, la capacidad de las instalaciones, los niveles totales del inventario, la plantilla y los inputs relacionados, el director de operaciones tiene que seleccionar la tasa de producción del centro durante los próximos meses. [22]

La planificación agregada hace parte de un sistema más amplio de planificación de la producción que incluye relaciones con otros departamentos de la empresa tales como marketing, finanzas, recursos humanos, capacidad y compras. Ver Figura 7. [27]

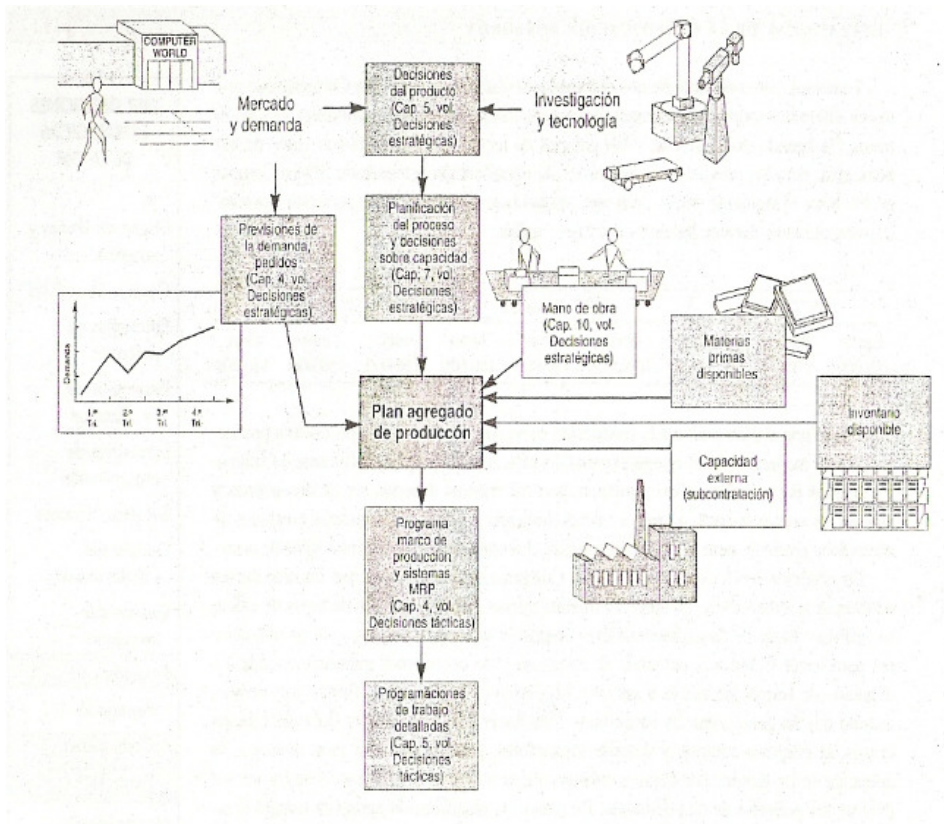


Figura 7. Relaciones de la planificación agregada.

En un entorno de fabricación, el proceso de dividir la planificación agregada en otros procesos más detallados se denomina desagregación. La desagregación genera un programa marco de producción (PMP) que suministra información a los sistemas de planificación de las necesidades de materiales (MRP), que se refieren a la adquisición o producción de las piezas o componentes necesarios para hacer el producto final. Las programaciones detalladas de la plantilla y la programación prioritaria de productos son los pasos finales del sistema de planificación de la producción.

### 5.2.3. Estrategias de la planificación agregada

Suponen la variación del inventario, de las tasas de producción, de los niveles de trabajo, de la capacidad y de otras variables controlables. A continuación se enuncian ocho opciones, de las cuales las primeras cinco hacen referencia a la capacidad y las demás hacen referencia a la demanda. [13]

#### Opciones de capacidad

1. Cambiar los niveles de existencias en el inventario.
2. Variar el tamaño de la plantilla contratando y despidiendo temporalmente.
3. Variar las tasas de producción mediante horas extras o aprovechando las horas de inactividad.

4. Subcontratar.
5. Utilizar empleados a tiempo parcial.

Opciones de demanda

6. Influir sobre la demanda.
7. Retener pedidos (back ordering) durante los períodos de alta demanda.
8. Combinación de productos y servicios con ciclos de demanda complementarios.

Opción	Ventajas	Desventajas	Comentarios
Modificar el nivel del inventario	Los cambios en recursos humanos son graduales o nulos; no hay cambios bruscos en la producción.	Los costes de mantenimiento de los productos acabados almacenados pueden aumentar. La escasez provoca pérdidas de ventas.	Se aplica fundamentalmente a las operaciones de producción, no a las de servicio.
Variar el volumen de la mano de obra contratando y despidiendo.	Evita los costes de otras opciones.	Los costes de contratación, despidos y formación pueden ser importantes.	Utilizado donde existe mucha mano de obra.
Variar los volúmenes de producción mediante las horas extras o inactivas.	Equilibra las fluctuaciones estacionales sin ningún coste de contrato/formación.	Primas por horas extras; empleados cansados; posibilidades de no hacer frente a la demanda.	Permite flexibilidad dentro de la planificación agregada.
Subcontratación.	Permite flexibilidad y permite igualar los outputs de la empresa.	Pérdida del control de la calidad. Beneficios reducidos. Pérdida de futuros negocios.	Se aplica principalmente a entornos de producción.
Utilizar empleados a tiempo parcial.	Menos costes y más flexibilidad que con los empleados fijos.	Costes elevados de formación que se reflejan en la calidad. Difícil programación.	Indicado para trabajos no cualificados en zonas con gran disponibilidad de mano de obra temporal.
Influir sobre la demanda.	Intenta utilizar la capacidad sobrante. Los descuentos atraen más clientes.	Incertidumbre en la demanda. Difícil de ajustar con precisión la demanda con la capacidad.	Crear ideas de marketing. El <i>overbooking</i> (sobreventa) se utiliza en algunos negocios.
<i>Back ordering</i> (retención de pedidos) en periodos de alta demanda.	Puede evitar la horas extras. Mantiene constante la capacidad.	El cliente debe estar dispuesto a esperar. Se pierden clientes.	Muchas empresas adoptan el <i>back ordering</i> .
Combinación de productos y servicios con demandas complementarias	Utiliza totalmente los recursos. Permite una mano de obra constante.	Puede exigir habilidades o equipos que no se encuentran dentro de la experiencia de la empresa.	Es arriesgado encontrar productos o servicios con pautas de demanda opuestas.

Tabla 1. Opciones de planificación agregada: ventajas y desventajas.

Opciones mixtas

Resultan de la mezcla de dos o más opciones básicas de capacidad o demanda.

Los diferentes planes que sean formulados por el director de operaciones con las diferentes opciones de capacidad y demanda, pueden ser enmarcadas en dos clases de estrategias: las estrategias de alcance y las estrategias de equilibrio.

La estrategia de alcance mantiene la producción igual a la demanda, mientras que la estrategia de equilibrio mantiene constante el volumen de output, la tasa de producción, o la plantilla durante todo el horizonte temporal de la planificación.

#### *5.2.4. Métodos de la planificación agregada*

Debido a que existen muchas posibles combinaciones para desarrollar el plan agregado de producción, a continuación revisaremos las técnicas más comunes que se tienen a disposición para encontrar el que más le convenga a cada empresa. [5] [20]

##### *5.2.4.1. Métodos de gráficos y cuadros*

Son fáciles de entender y utilizar. No producen un plan óptimo. Son ampliamente utilizados en el medio. Sigue seis pasos: (Ver Figura 8)

1. Determinar la demanda en cada período.
2. Determinar la capacidad en el horario regular, horas extras y subcontratadas para cada período.
3. Hallar los costos de mano de obra, de contratación y despido, y los costos de almacenamiento.
4. Considerar las políticas de la empresa que deben aplicarse a los trabajadores o a los niveles de existencias.
5. Desarrollar planes alternativos y examinar sus costos totales.
6. Comparar los costos de cada plan propuesto y seleccionar el método con el menor costo total.

Los gráficos y cuadros son métodos efectivos para evaluar estrategias y no para crearlas. Para crear estrategias es necesario un método sistemático que considere todos los costos y ofrezca una solución efectiva.



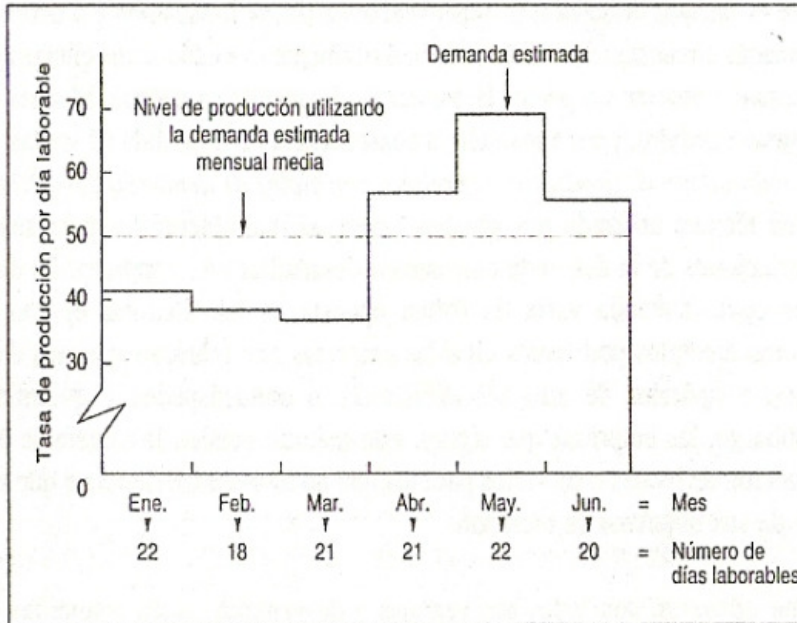


Figura 8. Gráfico de la demanda estimada y de la demanda estimada media.

#### 5.2.4.2. Métodos matemáticos para la planificación

- Método del transporte de la programación lineal

Cuando se considera que el problema de la planificación agregada consiste en asignar la capacidad operativa para igualar la demanda estimada, se puede formular como un problema de programación lineal. Este método no es un enfoque de ensayo y error como los métodos gráficos, sino que proporciona un plan óptimo para minimizar los costos. Es también flexible debido a que permite especificar la producción en horario regular o mediante horas extras de producción en cada período de tiempo, el número de unidades que deben ser subcontratadas, los recursos adicionales y el almacenamiento entre período y período.

E. H. Bowman fue el primero en formular, en 1956, el método de transporte de la programación lineal. Aunque funciona correctamente cuando se analizan los efectos de mantener inventarios, utilizar horas extras y subcontratar, no funciona cuando se introducen factores negativos o no lineales. De esta manera, cuando se introducen otros factores como las contrataciones o los despidos temporales, se debe utilizar el método simple de programación lineal. [3]

SUMINISTRO DE		DEMANDA DE				CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (oferta)
		Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Capacidad no utilizada (ficticia)	
<i>Inventario inicial</i>		0	1	2	0	50
Periodo 1	<i>Tiempo regular</i>	50	51	52	0	300
	<i>Horas extras</i>	300				
	<i>Horas subcontratadas</i>	65	66	67	0	50
		50				
Periodo 2	<i>Horas subcontratadas</i>	80	81	82	0	200
		50			150	
	<i>Tiempo regular</i>	54	50	51	0	400
			400			
Periodo 3	<i>Horas extras</i>	69	65	66	0	50
	<i>Horas subcontratadas</i>	84	80	81	0	200
			100	50	50	
	<i>Horas subcontratadas</i>	58	54	50	0	450
			450			
Periodo 3	<i>Horas extras</i>	73	69	65	0	50
	<i>Horas subcontratadas</i>	88	84	80	0	200
				200		
DEMANDA TOTAL		450	550	750	200	1.950

Figura 9. Plan agregado por el método del transporte de la programación lineal.

- Modelo de coeficientes de gestión

El modelo de coeficientes de gestión de Bowman constituye un modelo de decisión explícito basado en las experiencias y en la eficacia de un directivo. El supuesto es que la actuación pasada de un director ha sido lo suficientemente buena como para ser utilizada en decisiones futuras. Este método utiliza el análisis de regresión de las decisiones de producción anteriores por los directivos. La línea de regresión proporciona la relación entre las variables para decisiones futuras. Según Bowman, las deficiencias de los directivos de deben principalmente a incoherencias en la toma de decisiones.

- La regla de decisión lineal

Trata de especificar una tasa óptima de producción y un nivel de mano de obra durante un período específico. Minimiza los costos totales de nómina, contratación, despidos, horas extras e inventarios mediante series de curvas cuadráticas de costos.

- Programación mediante simulación

Utiliza un procedimiento de búsqueda para hallar la combinación de mínimo costo entre cantidad de mano de obra y la tasa de producción.

Técnica	Métodos de resolución	Aspectos importantes
Métodos de gráficos y cuadros	Ensayo y error	Sencillos de entender y fáciles de utilizar; alguna elección podría no ser la óptima.
Método de transporte de la programación lineal	Optimización	Software de programación lineal disponible; permite el análisis de sensibilidad y de nuevas restricciones; las funciones lineales pueden no ser reales.
Modelos de coeficientes de gestión	Heurístico	Sencillo, fácil de desarrollar; trata de imitar el proceso de decisión del directivo; utiliza la regresión.

Tabla 2. Resumen de los tres métodos de planificación agregada más importantes.

### 5.2.5. Evolución

Los orígenes de la planificación agregada se remontan a los años 50s. Se puede considerar como relativamente nueva debido a su amplio alcance con respecto a otras técnicas. Considera al mismo tiempo varios factores: planeación, costos, inventarios, fuerza de trabajo, etc., y se puede considerar como un predecesor del enfoque de sistemas para la planeación y control de la producción. Se identifican cuatro aspectos en la evolución de la planificación agregada: [15]

- Introducción del concepto y su manejo matemático
- Enfoques de programación lineal
- Métodos tabulares y gráficos
- Métodos basados en el conocimiento

Es probable que la planificación agregada haya sido introducida por Holt, Modigliani, Muth y Simon a mediados de los años 50s. Su técnica recibió el nombre de regla de decisión lineal. En 1963, Browman propuso un enfoque distinto en donde consideraba mediante comportamientos matemáticos la incidencia de las decisiones de períodos pasados en el período actual. En 1960 Hassman y Hess propusieron los modelos de programación lineal para la planificación agregada. En la actualidad se busca que los modelos no desarrollen un plan agregado sino que desarrollen directamente el plan de los

productos. La inteligencia artificial también ha hecho parte de las alternativas tendientes a resolver la planeación agregada con buenos resultados.

### **5.3. PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES (MRP)**

Luego de desarrollar la planificación agregada y desagregarla en el plan maestro de producción (PMP), se debe hacer uso de técnicas de demanda dependiente para programar las actividades de producción y abastecimiento necesarias para cumplir con los requerimientos. Estas técnicas se utilizan desde los ambientes de manufactura hasta restaurantes y hospitales. Particularmente en ambientes de producción reciben el nombre de “planificación de las necesidades de materiales – MRP (Material Requirements Planning)”. [2]

Por demanda dependiente nos referiremos a la demanda de un artículo que está relacionada con la demanda de otro artículo.

Algunos de los beneficios obtenidos con la implementación del MRP en las empresas son:

1. Una mejor respuesta a los pedidos de los clientes como resultado de un mejor seguimiento de las programaciones.
2. Una respuesta más rápida a los cambios del mercado.
3. Una mejor utilización de las instalaciones y del personal empleado.
4. Una reducción de los niveles de inventario.

Como resultado de dichos beneficios, se obtienen mayores cuotas de mercado, mayores índices de productividad, mayores rendimientos de las inversiones y liberación de capital y espacios valiosos.

#### *5.3.1. Requisitos del modelo de inventario para demanda dependiente*

Se debe conocer:

1. El programa marco de producción (PMP) (qué se va a hacer y cuándo).
2. Las especificaciones o listas de materiales (los materiales y partes necesarias para hacer el producto).
3. La disponibilidad de inventario (qué hay en existencias).
4. Las órdenes de compra pendientes (qué está ya pedido).
5. Los plazos de entrega (cuánto tiempo lleva conseguir los distintos componentes).

- PROGRAMA MARCO DE PRODUCCIÓN

Un Programa Marco de Producción (PMP) especifica lo que se va a hacer, es decir, el número de productos o artículos acabados y cuándo. El programa debe ser coherente con un plan de producción, el cual determina el nivel global del output en términos generales como familias de productos, horas estándar o volumen en dólares. Estos planes incluyen varios inputs como los planes financieros, la demanda de los clientes, las capacidades de ingeniería, la disponibilidad de mano de obra, las fluctuaciones del inventario, el seguimiento de proveedores y otras consideraciones, tal como lo muestra la Figura 10.

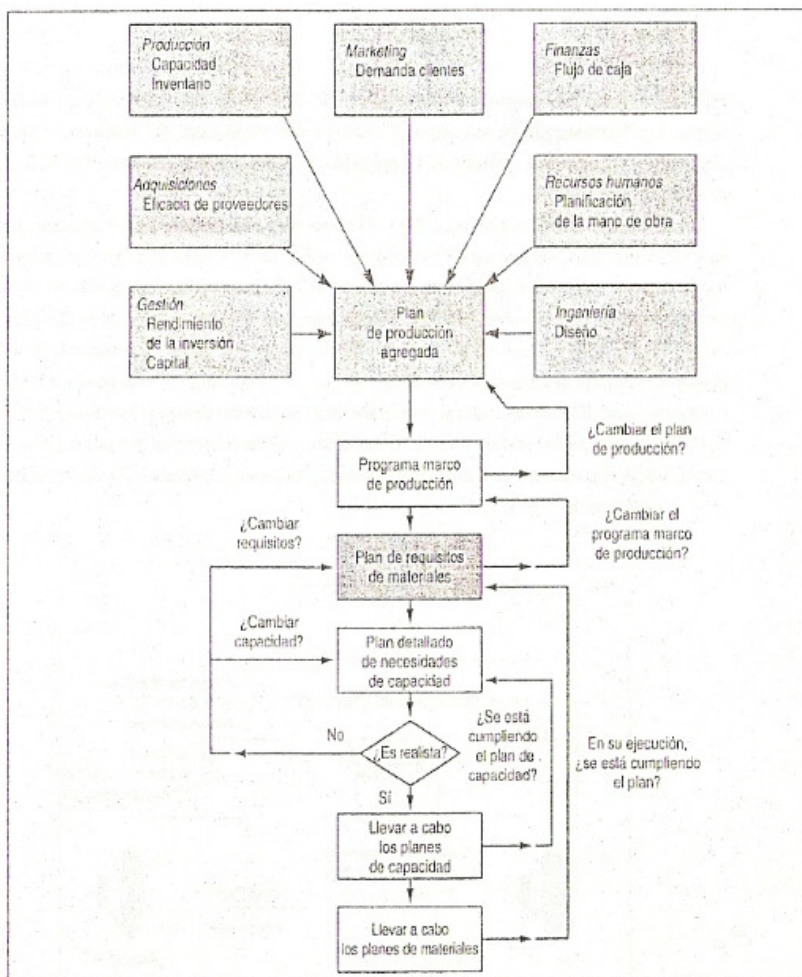


Figura 10. El proceso de planificación.

El programa marco de producción es una relación de lo que hay que producir y no un pronóstico de la demanda. El programa marco puede expresarse en cualquiera de los siguientes términos: (Ver Figura 11) [18]

1. Pedido de un cliente en una empresa organizada por talleres (fabricación por pedidos).

2. Módulos en un entorno repetitivo (montaje para inventario).
3. Producto final en un entorno continuo (fabricación para inventario).

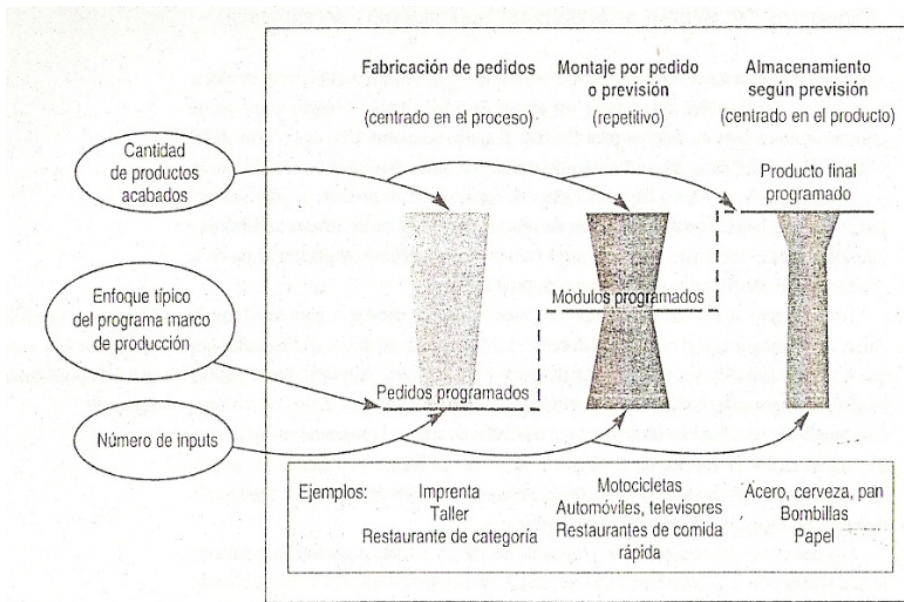


Figura 11. Enfoque típico de la programación marco de producción en tres estrategias de proceso.

- LISTA DE MATERIALES

Una lista de materiales (bill of materials) es una lista con las cantidades de los componentes, ingredientes y materiales necesarios para elaborar el producto. Debido a la premura con que son introducidos los nuevos productos a los mercados, en muchas ocasiones, hay errores en las especificaciones de las listas de materiales, las cuales deben ser reportadas a ingeniería para su cambio. Estas notificaciones reciben el nombre de "notificación de cambio de ingeniería" (ECN) (Engineering change notice).

Una forma de definir un producto mediante una lista de materiales es proporcionando una estructura del producto. Todos los componentes que se encuentran en un nivel por encima son denominados padres y los que se encuentran por debajo de otros componentes o artículos se denominan hijos. Algunos componentes o artículos serán al mismo tiempo padres e hijos.

La Figura 12 ilustra un ejemplo sencillo de estructura de producto.



Las listas fantasmas de materiales son listas de materiales de componentes, normalmente sub-montajes, que existen solamente de forma temporal. Dichos componentes entran directamente en otro montaje, no se incluyen nunca como inventario, reciben un tratamiento especial, sus plazos de entrega son cero y se manejan como una parte íntegra de sus artículos padre.

- CODIFICACIÓN DE NIVEL INFERIOR

Es necesaria cuando existen artículos idénticos en diferentes niveles de la lista de materiales. La codificación de nivel inferior indica que el artículo se ha de codificar en el nivel más bajo en el que aparezca. Dicha codificación es un convenio para permitir mayor velocidad en los cálculos, que se convierte en un tema de vital importancia cuando existen muchas partes o componentes o cuando se re-calculan las necesidades frecuentemente.

- REGISTROS PRECISOS DEL INVENTARIO

Se debe tener una muy buena gestión del inventario, asegurando por lo menos el 99% de confiabilidad en los registros del mismo, para que de igual forma el MRP sea exitoso.

- ÓRDENES DE COMPRA PENDIENTES

El personal de producción debe conocer las órdenes que están actualmente en curso y los plazos de entrega correspondientes para poder desarrollar planes de producción acordes con la realidad.

- PLAZO DE ENTREGA DE CADA COMPONENTE

También llamado lead time, se refiere al tiempo necesario para comprar, producir o montar un componente y que se encuentre disponible para la siguiente fase del proceso.

Cuando se modifican las listas de materiales, añadiendo los plazos de entrega, se obtiene una estructura de producto desplazada en el tiempo. Ver Figura 13.



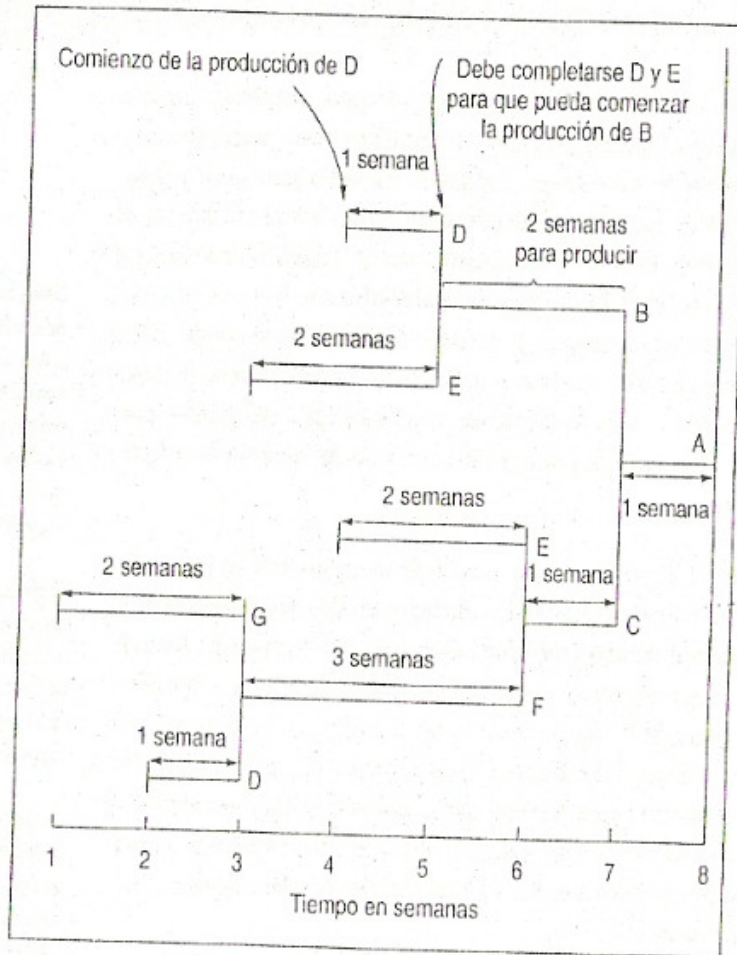


Figura 13. Estructura de producto desplazada en el tiempo.

Dicha estructura debe ser desarrollada en sentido inverso, es decir, se empieza en el punto en donde se debe tener listo un componente o producto final, y se empieza a programar hacia atrás la fecha de inicio de labores de cada componente hijo. Mediante dicha estructura es posible definir la factibilidad del plan de producción en cuanto a la capacidad disponible, hacer reajustes que permitan alcanzar los niveles de producción requeridos, hacer negociaciones con los clientes (tanto internos como externos) sobre los plazos de entrega, entre otras adecuaciones.

### 5.3.2. Estructura MRP

Como ya habíamos mencionado anteriormente, las entradas fundamentales de un sistema MRP son: la lista de materiales, los plazos de entrega, los datos del inventario y los datos de compras, además del programa marco de producción (PMP). Las salidas fundamentales que produce un sistema MRP son: un plan de compras y un plan de producción, representados en órdenes puntuales. [1]

Meses	Enero				Febrero			
Plan de producción agregada (muestra la cantidad total de amplificadores)	1.500				1.200			
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Programa marco de producción (muestra el modelo específico y la cantidad de amplificadores que hay que producir)								
Amplificador de 240 vatios	100		100		100		100	
Amplificador de 150 vatios		500		500		450		450
Amplificador de 75 vatios			300				100	

Figura 14. Relación entre el plan agregado y el plan marco de producción.

Una vez que los componentes están disponibles y son exactos, el siguiente paso es construir un plan de necesidades brutas de materiales (ver Figura 15), el cual es una programación que combina un programa marco de producción (PMP) y la programación desplazada en el tiempo. Nos indica cuándo debe pedirse un artículo a los proveedores si no hay ninguno disponible en ese momento en inventario, o cuándo debe iniciarse la producción de un artículo para satisfacer la demanda de productos terminados en una fecha determinada.

	Semana								PLAZO DE ENTREGA
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A. Fecha requerida								50	
Fecha de salida del pedido							50		1 semana
B. Fecha requerida							100		
Fecha de salida del pedido				100					2 semanas
C. Fecha requerida							150		
Fecha de salida del pedido						150			1 semana
E. Fecha requerida					200	300			
Fecha de salida del pedido			200	300					2 semanas
F. Fecha requerida						300			
Fecha de salida del pedido			300						3 semanas
D. Fecha requerida			600		200				
Fecha de salida del pedido		600		200					1 semana
G. Fecha requerida			300						
Fecha de salida del pedido	300								2 semanas

Figura 15. Plan de necesidades brutas de materiales.

El plan de necesidades de materiales muestra cuándo debe comenzar y estar finalizada la producción de cada artículo para tener cierto número de unidades de producto en cierta fecha determinada.

Hasta el momento hemos considerado las necesidades brutas de materiales, lo que supone que no hay existencias disponibles. Cuando hay inventario disponible, entonces preparamos el plan de necesidades netas. Cuando consideramos un inventario con existencias disponibles, debemos tener en cuenta que muchos artículos en inventario corresponden a sub-montajes o a partes. [14]

Si hay existencias disponibles de un artículo padre, disminuyen las necesidades de los artículos padre y de todos sus componentes, ya que cada padre contiene los componentes de los artículos de nivel inferior.

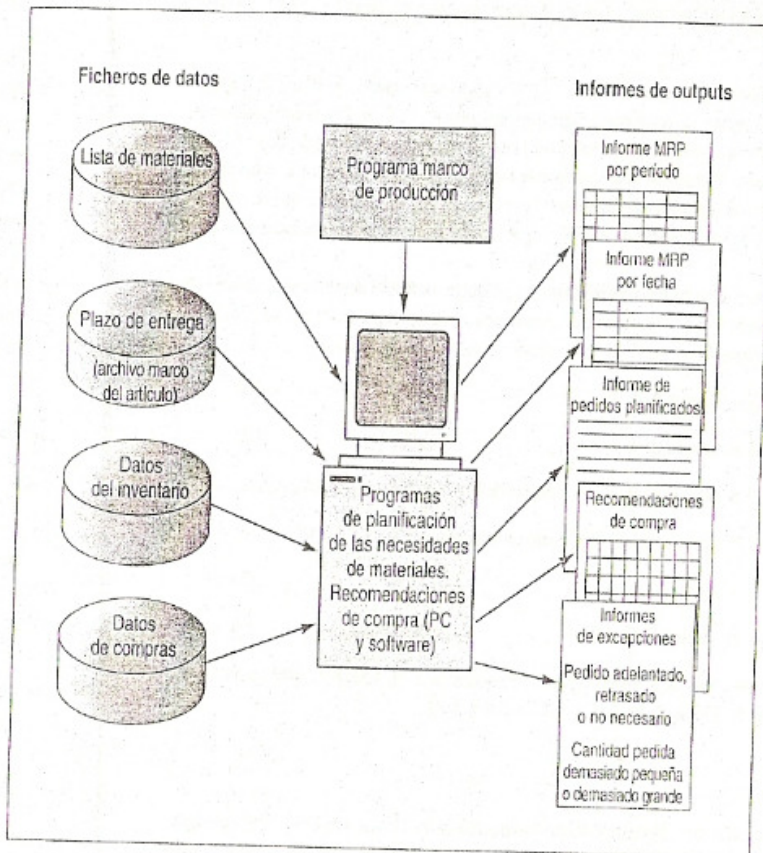


Figura 16. Estructura del sistema MRP.

Un plan de necesidades netas de materiales (Figura 17) incluye las necesidades brutas, el inventario disponible, las necesidades netas, y la recepción y la emisión de órdenes o pedidos planificados de cada artículo. Se empieza por el padre (nivel 0) y se continúa con los hijos nivel a nivel. Esto, garantiza que los cálculos previos necesarios en cada etapa del proceso sean desarrollados con el orden adecuado para tenerlos a disposición al momento de cada cálculo. Por ello, es importante tener presente la codificación de nivel inferior. [8]

Tamaño del lote	Plazo de entrega (semanas)	Stock Disponible	Stock de seguridad	Asignado	Código de nivel inferior	Identificación del artículo	Semana								
							1	2	3	4	5	6	7	8	
Lote por lote	1	10	—	—	0	A	Necesidades brutas	—	—	—	—	—	—	—	50
							Recepción programada								
							Disponible estimado	10	10	10	10	10	10	10	10
							Necesidades netas								40
							Recepciones de pedidos planificados								40
Emisión de pedidos planificados								40							
Lote por lote	2	15	—	—	1	B	Necesidades brutas								100A
							Recepción programada								
							Disponible estimado	15	15	15	15	15	15	15	15
							Necesidades netas								55
							Recepciones de pedidos planificados								55
Emisión de pedidos planificados							66								
Lote por lote	1	20	—	—	1	C	Necesidades brutas								120A
							Recepción programada								
							Disponible estimado	20	20	20	20	20	20	20	20
							Necesidades netas								100
							Recepciones de pedidos planificados								100
Emisión de pedidos planificados							100								

Figura 17. Plan de necesidades netas de materiales.

El desarrollo de un plan de necesidades netas es similar a un plan de necesidades brutas. Empezamos por el artículo padre y avanzamos hacia abajo del diagrama de producto nivel a nivel. Para su desarrollo es necesario tener en cuenta la estructura del producto, el inventario disponible y los plazos de entrega. [16]

Normalmente, existe una demanda de muchos productos a lo largo del tiempo. Para cada producto, la dirección debe preparar un PMP. La producción programada de cada producto se suma al programa marco y, finalmente, al plan de necesidades netas de materiales. Varias programaciones de productos pueden contribuir a un plan de necesidades brutas de materiales, incluidas las necesidades de los componentes vendidos directamente. Ver Figura 18.

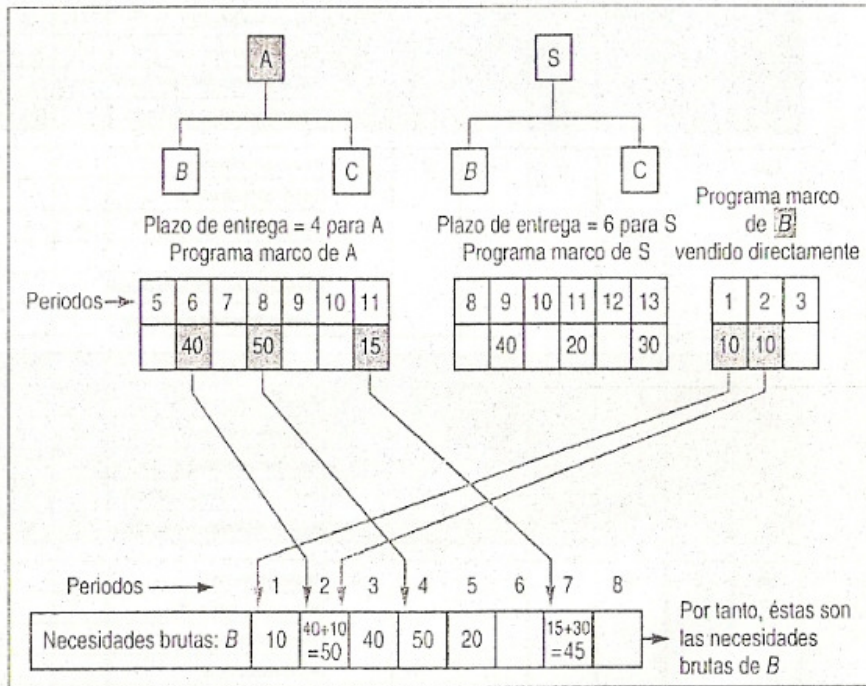


Figura 18. Varios programas que contribuyen al programa de necesidades brutas de B.

La mayoría de los sistemas de inventario recogen el número de unidades existentes que han sido asignadas a una producción específica y futura, pero que todavía no han sido utilizadas. Estos artículos se denominan normalmente artículos asignados. Los artículos asignados aumentan las necesidades y se han de incluir en una hoja de planificación MRP. Ver Figura 19. [6]

Tamaño del lote	Plazo de entrega (semanas)	Disponible	Stock de seguridad	Asignado	Código de nivel inferior	Identificación del artículo	Periodo										
							1	2	3	4	5	6	7	8			
Lote por lote	1	0	0	10	0	B	Necesidades brutas									80	90
							Recepciones programadas										0
							Disponible estimado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							Necesidades netas										90
							Recepciones de pedidos planificados										90
							Emisión de pedidos planificados								90		

Figura 19. Ejemplo de una hoja de planificación MRP.

De igual forma, se pueden tener en cuenta los stocks de seguridad, los cuales aumentan las necesidades.

De esta forma, la lógica de una MRP de necesidades netas de materiales es:

$$[(Necesidades\ brutas) + (Asignaciones) + (Stock\ de\ seguridad)] - [(Disponible) + (Recepciones\ programadas)] = Necesidades\ Netas$$

### 5.3.3. Gestión de la MRP

El plan de necesidades de materiales no es estático. Debido a que los sistemas MRP cada vez se integran más con los sistemas de “justo a tiempo” (JIT), a continuación haremos un breve recuento de sus implicaciones.

### 5.3.4. Dinámica de la MRP

Las listas de materiales y los planes de necesidades de materiales se alteran a medida que se producen cambios en el diseño, en los programas, y en los procesos de producción. Además, los cambios aparecen en las necesidades de materiales siempre que se modifique el PMP. Independientemente de cualquier modificación, el modelo MRP puede ser manipulado para reflejar estos cambios. De este modo, es posible cualquier actualización de la programación de las necesidades. [4]

Una de las características más convenientes de la MRP es su puntual y precisa capacidad de nueva planificación [7]. No obstante, muchas empresas prefieren hacer caso omiso a cambios menores debido a que ellos producen “nerviosismo en el sistema” haciendo estragos en los departamentos de abastecimiento y producción si se tienen en cuenta. Por consiguiente, el personal de dirección de producción reduce el nerviosismo evaluando la necesidad y el impacto de los cambios antes de difundir peticiones a otros departamentos. [21]

Existen dos herramientas particularmente útiles a la hora de reducir el nerviosismo en el sistema MRP:

1. Establecimiento de intervalos de tiempo: permite que un segmento del programa marco se designe como “no reprogramable”.
2. Pegging: consiste en revisar las listas de materiales de abajo hacia arriba, es decir, desde los hijos hasta el padre, para determinar la causa de la necesidad y evaluar si es conveniente hacer un cambio en el programa.

Mediante la MRP, el director de operaciones puede reaccionar en función de la dinámica del mundo real.

### 5.3.5. MRP y JIT

La MRP es una técnica de planificación y programación con plazos de entrega fijos, mientras que el sistema justo a tiempo (JIT) es una manera de hacer que el material circule de forma expedita. Los plazos de entrega fijos pueden ser una limitación. En cualquier caso un sistema combinado de MRP con JIT proporciona lo mejor de ambos sistemas [12]. La MRP proporciona un buen programa marco y un perfil exacto de las necesidades, mientras que el sistema JIT reduce el inventario de productos en curso. A continuación analizaremos dos planteamientos para integrar ambos sistemas:

1. Planteamiento de pequeñas fracciones: la MRP es una excelente herramienta para la gestión de los recursos y de la programación de las instalaciones enfocadas al proceso. En las empresas en donde los plazos de entrega son relativamente estables y se puede prever una falta de equilibrio entre los diferentes centros de trabajo, la MRP se puede integrar con el sistema JIT mediante los siguientes pasos: [28]
  - Reducir las fracciones de la MRP de semanales a diarias, o quizá incluso horarias.
  - Las recepciones planificadas, que forman parte de los pedidos planificados de una empresa en un sistema MRP, se comunican a las áreas de trabajo para los propósitos de producción y se utilizan para secuenciar la producción.
  - El inventario se desplaza a través de la fábrica siguiendo un sistema JIT.
  - Cuando los productos están acabados pasan de forma habitual al inventario de producto terminado. La recepción de estos productos dentro del inventario reduce las cantidades necesarias para los pedidos planificados subsiguientes en el sistema de la MRP.
  - Un sistema conocido como “ajuste atrasado” (back flush) se utiliza para reducir el volumen de los inventarios. En el ajuste atrasado se utiliza la lista de materiales para reducir cantidades de componentes del inventario hasta que se completa cada unidad.
2. Planteamiento del flujo equilibrado: la MRP proporciona la planificación y la programación necesarias en operaciones repetitivas. En estos entornos, la planificación de la MRP se combina con la ejecución de JIT. La parte JIT utiliza kanbans, señales visibles y proveedores confiables para traer los materiales a la fábrica. En estos sistemas, la ejecución se consigue manteniendo un cuidadoso equilibrio entre el flujo de material hacia las áreas de preparación con lotes de reducido tamaño.

#### *5.3.6. Técnicas para determinar la dimensión del tamaño del lote*

Un sistema MRP es una excelente forma de determinar los programas de producción y las necesidades netas. Sin embargo cuando se tiene una necesidad neta se debe tomar una decisión sobre cuánto pedir, la cual se llama decisión sobre la dimensión de los lotes. Existen muchas formas para determinar el tamaño de los lotes. Algunas de ellas producen menores costos de acuerdo a la situación particular que se presente. A continuación haremos mención de las dos técnicas más representativas, de una tercera que pretende equilibrar los costos de preparación y mantenimiento para minimizar los costos totales de gestión de inventarios y de una cuarta que debido a su complejidad matemática y algorítmica es muy poco usada en la práctica. [23]

- Lote por lote: se produce exactamente lo que se necesita. Dicha decisión es coherente con el objetivo de un sistema MRP, que es el de igualar las necesidades de la demanda dependiente. Cuando efectuar pedidos frecuentes es económico y se han puesto en marcha técnicas de inventario JIT, el sistema de lote por lote puede ser muy eficiente.
- Cantidad de pedido económico: la EOQ puede utilizarse como una técnica de determinación del tamaño de los lotes. La EOQ es preferiblemente usada cuando la demanda es independiente y relativamente constante, no cuando la demanda es conocida. La EOQ utiliza para sus cálculos medias, puesto que es una técnica estadística, mientras que el procedimiento MRP supone una demanda conocida (dependiente) reflejada en un programa marco de producción. Se debería sacar provecho del hecho de conocer esta información en vez de suponer que la demanda es constante.
- Equilibrio de unidades entre períodos (Part Period Balancing - PPB): es un método más dinámico que equilibra los costos de preparación y mantenimiento. Utiliza información adicional para cambiar el tamaño de lote teniendo en cuenta las necesidades del siguiente lote en el futuro. Intenta equilibrar los costos de preparación y almacenamiento para demandas conocidas. Para su desarrollo, genera una tasa unidad período económica (EPP – Economic Part Period) que es la relación entre el costo de preparación y el costo de almacenamiento. El PPB simplemente añade las necesidades hasta que el número de unidades – período se aproxima a la EPP.
- Algoritmo de Wagner – Whitin: es un modelo de programación dinámico que añade cierta complejidad al cálculo del tamaño de lote. Supone un horizonte temporal finito a partir del cual no existen necesidades netas adicionales. Produce buenos resultados pero rara vez es usado en la práctica, lo que podría cambiar si se aumenta la comprensión del método y la sofisticación del software.

El uso de una u otra técnica para el dimensionamiento de tamaños de lote, depende de la estabilidad de las necesidades, del costo de preparación y del costo de almacenamiento. La técnica ideal por la filosofía del MRP sería la de lote por lote, pero cuando los costos de preparación son elevados no resulta ser eficaz. Cuando los costos de preparación son significativos y la demanda es razonablemente estable, el equilibrio de unidades entre períodos (PPB), el algoritmo de Wagner – Whitin, o incluso la EOQ, deberían ofrecer resultados satisfactorios.

Una preocupación excesiva por el tamaño de los lotes provoca una falsa precisión debido a la propia dinámica de la MRP. Un tamaño de lote adecuado solamente puede determinarse a posteriori, en función de lo que realmente ocurrió en lo que respecta a las necesidades.



### 5.3.7. Ampliaciones de la MRP

En los últimos años se han producido numerosas ampliaciones de la MRP. A continuación presentaremos las cuatro más importantes.

- MRP DE BUCLE CERRADO

La planificación de las necesidades de materiales de bucle cerrado implica un sistema de MRP que proporciona un feedback (retroalimentación) al plan de capacidad de producción, al programa de producción y al plan de producción. Prácticamente todos los sistemas comerciales MRP son de bucle cerrado. Ver Figura 20.

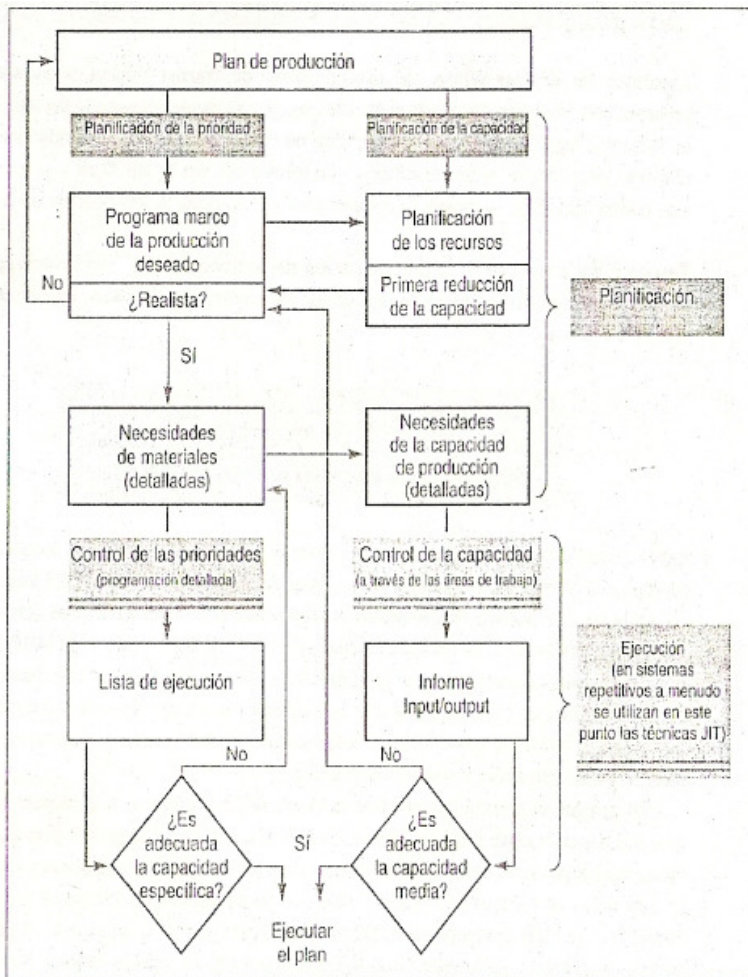


Figura 20. Planificación de las necesidades de bucle cerrado.

- PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

Se desarrolla con la ayuda de los informes de carga (ver Figura 21), los cuales consisten en informes que muestran las necesidades de recursos en un centro de trabajo para todas las labores actualmente asignadas a ese centro, así como de los pedidos planificados y esperados.

Cuando se presenta exceso de carga en un centro de trabajo, el MRP de bucle cerrado permite a los planificadores de la producción mover el trabajo entre los períodos de tiempo para homogenizar la carga o, al menos, ajustarla a la capacidad.

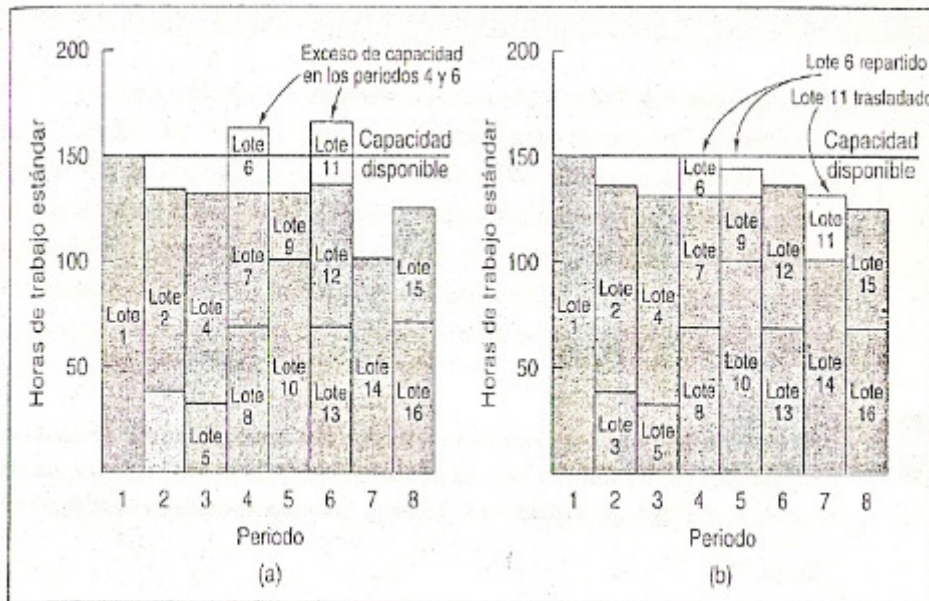


Figura 21. Informes de carga.

Las técnicas para homogenizar la carga y minimizar el efecto de variar el plazo de entrega son las siguientes:

1. Solapamiento: reduce el plazo de entrega. Envía partes a la segunda operación antes de que el lote se haya completado en la primera operación.
2. Reparto de operaciones: manda el lote a dos máquinas diferentes para la misma operación. Esto conlleva una preparación adicional, pero da como resultado tiempos de procesos más cortos, ya que en cada máquina solamente se trata una parte del lote.
3. Reparto del lote: implica desagregar el pedido y realizar parte del mismo por anticipado.

Cuando la carga de trabajo sobrepasa continuamente la capacidad del centro de trabajo, las anteriores técnicas no son adecuadas. Esto puede implicar que es necesario ampliar la capacidad. Las opciones que se tienen son: ampliación de personal, ampliación de maquinaria o de horas extras o la subcontratación.

- PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES II (MRP II)

Cuando ya se tiene una MRP en marcha, los datos del inventario se pueden completar con las horas de trabajo, con los costos de los materiales (en vez de con la cantidad de materiales), con los costos del capital o con cualquier otro recurso. Cuando se tienen en cuenta estas características adicionales, se denomina un sistema MRP II o planificación de los “recursos” de materiales. Ver Tabla 3.

	Semana			
	5	6	7	8
A. Unidades (plazo de entrega de una semana)				100
Mano de obra: 10 horas/unidad				1.000
Maquinaria: 2 horas/unidad				200
Cuentas a pagar: 0 dólares/unidad				0
B. Unidades (plazo de entrega de 2 semanas; cada una requiere 2)			200	
Mano de obra: 10 horas/unidad			2.000	
Maquinaria: 2 horas/unidad			400	
Cuentas a pagar: materias primas a 5 dólares/unidad			1.000	
C. Unidades (plazo de entrega de 4 semanas; cada una requiere 3)	300			
Mano de obra: 2 horas/unidad	600			
Maquinaria: 1 hora/unidad	300			
Cuentas a pagar: materias primas a 10 dólares/unidad	3.000			

Tabla 3. Planificación de los recursos de materiales (MRP II).

- PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA (ERP)

Cuando se fusionan la MRP II con los pedidos, los aprovisionamientos y otras relaciones directas entre clientes y proveedores, todo ello gracias al intercambio electrónico de datos (EDI) y a los avisos de envíos adelantados (ASN), se constituyen los llamados sistemas de planificación de recursos de empresa (Enterprise Resource Planning – ERP). La Figura 22 muestra la relación entre la MRP y la ERP con otros sistemas de información de la empresa.

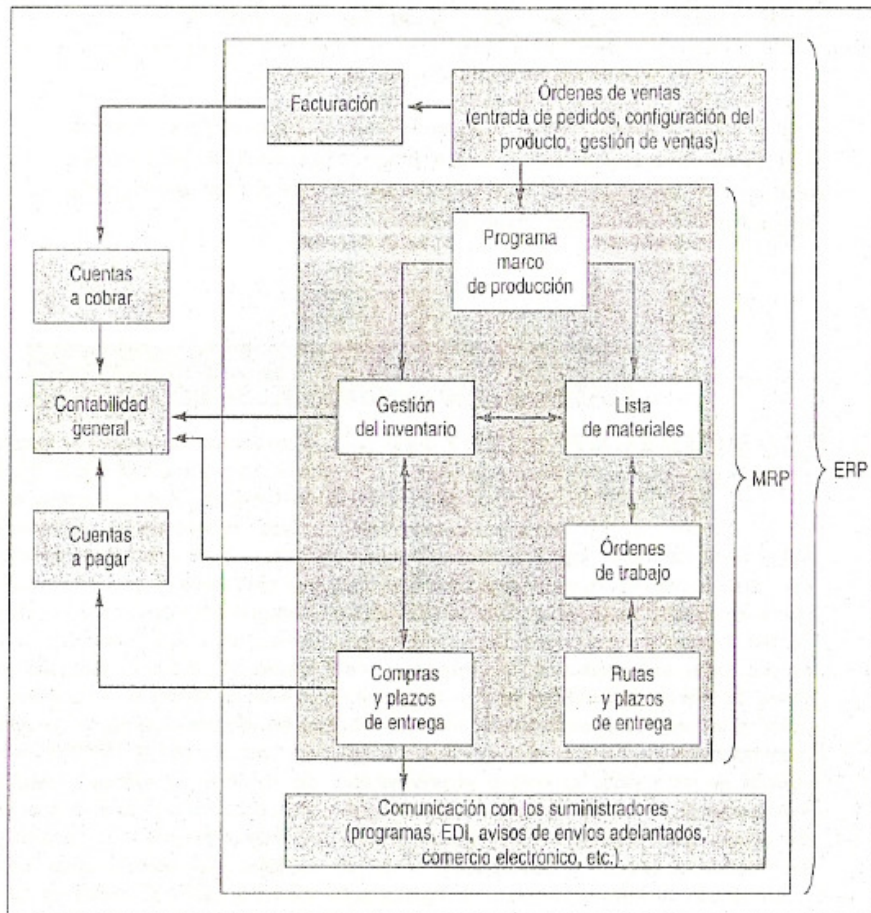


Figura 22. Flujo de información de MRP y de la ERP integrado con otros sistemas de información.

### 5.3.8. La MRP en el sector servicios

La planificación de necesidades de materiales también puede ser usada en el sector de los servicios cuando ellos presentan estructura de demanda dependiente de otros servicios o artículos de servicios.

## **6. CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN**

### **6.1. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

Con el fin de mostrar información sustentable acerca de la problemática que están viviendo las pequeñas y medianas empresas en cuanto a las tecnologías de información se refiere, consultamos un estudio desarrollado por SQDM S.A., el Grupo de Productividad Siglo XXI de la Universidad de Antioquia e Intersoftware, adscritos al Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, en Medellín en el año 2005. [10]

Dicho estudio revela un análisis del tipo de tecnologías de información en uso para aquel momento, en cada uno de los seis subsectores analizados. Los subsectores tenidos en cuenta fueron los siguientes: transformación de la madera, ropa interior femenina, frutas y hortalizas procesadas, dispositivos eléctricos, farmacéutico y construcción de vivienda.

Los resultados arrojaron que ningún subsector tanto a nivel de pequeñas como de medianas empresas, posee una herramienta de información que le permita sincronizar todas las actividades de la empresa y además tener en cuenta a sus proveedores y clientes. La herramienta que permite hacer este tipo de transacciones es un ERP (Enterprise Resource Planning), pero debido a sus altos costos de licenciamiento e implementación en la empresa, las grandes y medianas, pueden adquirir la solución completa, pero las pequeñas solamente pueden adquirir módulos separados. Además de lo anterior, todas las empresas evaluadas en dicho estudio, reportan que sus ERP's son productos desarrollados a nivel nacional debido a los altos costos de las soluciones de categoría mundial, los cuales oscilan alrededor del millón de dólares solamente en licenciamiento.

Un ERP comprende áreas vitales del funcionamiento de una empresa entre las que se encuentran: manejo de inventarios y materias primas, recursos humanos y nómina, contabilidad, facturación, gestión de pedidos, planificación de la producción y ventas. Nuestro objetivo es cubrir los procedimientos básicos del área de planificación de la producción y logística, con el fin de tener información necesaria para la toma de decisiones.

### **6.2. ALTERNATIVAS**

En el mercado existen diferentes suites ERP. La diferencia entre cada una de ellas radica en la especialización que algunas de ellas tienen en ciertos módulos, por ejemplo, la herramienta QAD es fuerte en el módulo de manufactura, mientras que Peoplesoft, enfatiza en el módulo de recursos humanos.

El cuadrante mágico de Gartner para suites ERP, un instrumento de evaluación de las herramientas de software que jalonan el mercado mundial, relaciona las principales herramientas existentes. Ver Figura 23.

El cuadrante se divide en 4, cada uno de los cuales determinan la situación particular de cada herramienta así:

En el cuadrante de líderes, se ubican aquellas herramientas fuertemente posicionadas en el mercado y que cuentan con una visión suficientemente desarrollada para influenciar el mercado en el futuro.

En este cuadrante se encuentra únicamente SAP (2005). Los factores que han posicionado como líder a este ERP son la tasa de crecimiento, el foco en la industria, el alcance global y las implementaciones de “precio fijo”. SAP desarrolló junto con sus partners una estrategia basada en plantillas especializadas por sectores de la industria, lo cual agiliza las implementaciones y provee a sus clientes con proyectos de alcance y precio fijos.

El cuadrante de visionarios incluye aquellas herramientas que tendrán un crecimiento futuro interesante debido a su tecnología y capacidad de ejecución, sin embargo en la actualidad no satisfacen las necesidades de los usuarios en todas las áreas de evaluación.

En el cuadrante de visionarios se encuentran IFS y Axapta. IFS ofrece tecnología basada en componentes y la posibilidad de modelar escenarios complejos en diferentes sectores entre los que se encuentran manufactura industrial, dispositivos médicos y alta tecnología. Axapta, por su parte, cuenta con gran capacidad de personalización por parte del implementador de la solución, lo cual se debe tener en cuenta como criterio de selección integrador de soluciones a contratar.

En el cuadrante de los retadores se encuentran herramientas con buena capacidad de ejecución de proyectos, pero que tienen vacíos en ciertas áreas de su visión que afecta notablemente su liderazgo en el mercado.

En este cuadrante se encuentra QAD. Las razones que ubican a QAD en el segmento de los retadores, son su alcance y cobertura global, facilidad de implementación y experiencia en la industria de manufactura, automotores, instrumentación médica y la industria de comidas y bebidas. Esto le ha permitido desarrollar funcionalidad altamente especializada para estos segmentos de negocio.

El cuadrante de los jugadores locales incluye herramientas que se han enfocado en un segmento específico del mercado o tienen una capacidad modesta para innovar respecto a sus competidores.

En el cuadrante de jugadores locales se encuentran Intenia, Mapics, J. D. Edwards, Oracle y SSA.

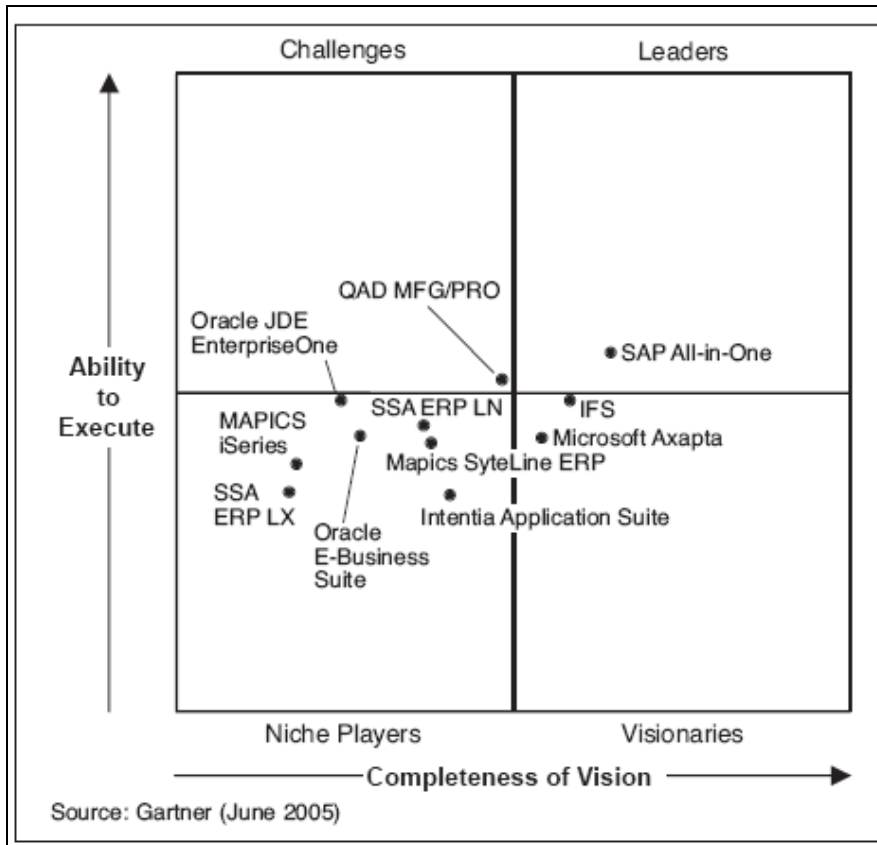


Figura 23. Cuadrante Mágico de Gartner para suites ERP años 2005-2009.

Gartner predice un bajo crecimiento en la funcionalidad de este tipo de herramientas, basado en la madurez que han adquirido.

Debido a los costos representativos de las herramientas líderes en el mercado y para cubrir el mercado de las PYMES en Colombia, diferentes empresas de desarrollo de productos de software colombianas han desarrollado su propia herramienta ERP, dentro de las cuales cabe destacar:

<b>ERP</b>	<b>PROVEEDOR</b>
Sistema Modular Integrado	Mecosoft.
Megasistemas	Megasistemas
Sistemas Administrativos Integrales	Ofimática
Apoteosis	Heinhsohn
UNO enterprise	Sistemas de Información empresarial S.A.
Siempre.ERP	APEDI Ltda.
System21	GRUPO XXI
Xirux	ActiveSoft & CIA Ltda.
Ultra	Ultra Systems de Colombia Ltda.
ASW IBS	IBS Business Solutions S.A.
Visual T.N.S.	T.N.S. LTDA
ANTENA ERP	MEGASOFT LTDA
BPCS – Business Planning and Control System	Enterprise Consulting Group S.A.
Avant Business Integrator	Advanced Software Technologies
CHARRY	MCH Sistematizado LTDA
CYBERACCOUNT	CDI Software LTDA
DOOR´S	KALYPSOFT LTDA.
ICG Manager4	ICG Software
GestFlor	Advanced Software Technologies



MACOLA	CONSENSUS S.A.
Enterprise ERP	PowerVision LTDA
ACCPAC	TCE Colombia S.A.
MAPICS	Mind de Colombia LTDA.
MAX Sistema ERP-B2B	SIM Consultores S.A.
MBS AXAPTA	Columbus IT Partner Andino S.A.
MBA3 – Master Business Administrator	Advanced Software Technologies
MFG PRO	TecnoWare LTDA.
Netsolin ERP	Sistemas Integrales de Colombia LTDA.
OASIS ERP	M&G Sistemas LTDA.
GREAT PLAINS MBS	eBusiness Solutions S.A.
PSL Software sin fronteras	PSL Productora de Software S.A.
PeopleSoft	BFGP de Colombia S.A.
Queryx SISA	SQL Software
SEVEN ERP	DigitalWare
SAFIX ERP	XENCO S.A.
Sistema Integrado Zue	ZUE LTDA.
SI PICS	SOFTIND LTDA.
SINCO ERP	SINCO Comunicaciones S.A.
Stone ERP	Quality Software Ltda.
Solin ERP	Sistemas Integrales Ltda.
SSA ERP Baan V	Grupo Novatech Colombia S.A.

Tabla 4. Proveedores y sistemas nacionales de ERPs.

### **6.3. SELECCIÓN DEL LENGUAJE Y JUSTIFICACIÓN**

Aunque existen muchas alternativas de lenguajes y plataformas de programación en la actualidad, nosotros decidimos desarrollar el sistema en lenguaje Visual Basic dentro del entorno de Excel, debido a que presenta muchas ventajas para el manejo de la información requerida y para los cálculos a realizar. Microsoft Office Excel, sirve a la vez como base de datos para almacenar la información necesaria para los cálculos. Permite crear formatos para el ingreso de datos y diseñar y generar informes de los resultados obtenidos. Es fácil de programar y tiene la versatilidad suficiente para desarrollar los procedimientos requeridos.

Por otra parte, y teniendo en cuenta que el mercado objetivo de esta propuesta son las pequeñas y medianas empresas y que el factor costos es muy importante, las macros de Excel son muy adecuadas, puesto que cualquier empresa por pequeña que sea tiene la plataforma de hardware y software necesarios para ejecutar la solución.

### **6.4. ESTUDIOS RELACIONADOS**

Entre los estudios que se han desarrollado con respecto al tema de la implementación de tecnologías de información en las PYMES, se encuentra el artículo del mexicano Juan Alonso Valenzuela, en donde se identifican los principales obstáculos para la implementación de TIC'S en las PYMES de México, la importancia de estas tecnologías para la generación de ventaja competitiva y la evaluación de mercadeo que están haciendo las empresas productoras de soluciones al darse cuenta que las PYMES representan alrededor del 50% de los ingresos de México.

Correa y Gómez, por su parte, presentan el estado del arte y la utilización de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC'S) en la cadena de suministro y su nivel de aplicación en la industria colombiana en su artículo "Information Technologies in Supply Chain Management". [9]

Cabe volver a mencionar el estudio desarrollado por SQDM S.A., el Grupo Productividad Siglo XXI de la Universidad de Antioquia e Intersoftware, adscritos al Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, presentado en Medellín en el año 2005, en el cual se presenta el estado del arte de las tecnologías de información manejadas por los seis subsectores productivos de la ciudad y las alternativas disponibles en el mercado para la administración general de estas empresas (ERP's). Además, presentan la identificación de acciones concretas para el fortalecimiento de la productividad, a partir de la apropiación y mejor uso de las tecnologías de información.

## **7. CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

### **7.1. COMPONENTES**

La solución está dividida en tres módulos principales. Estos son: el módulo de previsión de la demanda, el módulo de planificación agregada y el módulo de planificación de los requerimientos de materiales (MRP).

El módulo de previsión está compuesto por un kit completo de técnicas (cuantitativas) que permiten desarrollar previsiones de la demanda en las empresas de diferentes formas y teniendo en cuenta diferente tipo de información. Las técnicas que comprende este módulo son: medias móviles, medias móviles ponderadas, alisado exponencial, alisado exponencial con ajuste de tendencia, proyección de tendencia, análisis de regresión, índices estacionales y señal de rastreo.

El módulo de planificación agregada permite desarrollar una planificación preliminar de mediano plazo sobre la producción en forma agregada o de familias de productos, en la cual se establecen las cantidades a producir y su modalidad (horas regulares, horas extras o subcontratación), teniendo en cuenta las restricciones de recursos disponibles y las demandas previstas para esos períodos de planificación.

El módulo de planificación de requerimientos de materiales (MRP) permite hacer toda la planificación de las órdenes de fabricación y compras para cumplir con unas necesidades en algún período de tiempo, evaluado al mismo tiempo las capacidades disponibles.

### **7.2. DESCRIPCIÓN**

A continuación haremos la descripción detallada de cada uno de los componentes y las técnicas usadas en cada uno de ellos:

#### **1. Módulo de Previsión**

##### **a. Medias móviles**

El procedimiento de medias móviles permite hacer el cálculo de la previsión para un período futuro y para los períodos históricos de acuerdo a la cantidad de períodos que el usuario desee.

El procedimiento requiere para su funcionamiento que el usuario ingrese la cantidad de períodos históricos que va a considerar para hacer los cálculos, además del valor de la media móvil que desea usar.

Además de los valores anteriores, debe ingresar las ventas reales de los períodos históricos y sus nombres, es decir, el nombre de los diferentes períodos, por ejemplo Enero.

b. Medias móviles ponderadas

El procedimiento de medias móviles ponderadas permite pronosticar la demanda de un período futuro con base en un número determinado de períodos anteriores a cada uno de los cuales se les asigna un peso distinto.

Para su funcionamiento requiere que el usuario ingrese el número de períodos previos que usará, además de la cantidad de períodos que usará para determinar la media móvil. También debe ingresar los nombres de los períodos que usará para calcular la media móvil y las ponderaciones asignadas a cada uno de ellos, teniendo en cuenta que lo debe hacer en orden de retroceso o hacia atrás, es decir, desde el período más reciente hasta el período más lejano.

Al igual que en el procedimiento de medias móviles el usuario debe ingresar los nombres de los diferentes períodos y sus valores para las ventas reales en cada uno de ellos.

c. Alisado exponencial

El procedimiento de alisado exponencial permite calcular la previsión de un período futuro a partir de datos de demanda históricos.

Presenta la opción de calcular los valores, ingresando la constante de alisado o ingresando hasta 8 valores diferentes de posibles constantes y seleccionar los que minimicen los valores del DAM y el ECM.

También se debe tener en cuenta que el programa solicita el valor de la previsión para el primer período. Este valor debe ser determinado por el analista mediante otros métodos o por medio de la experiencia.

La constante que minimiza el valor del DAM no necesariamente debe ser la que minimiza el valor del ECM, es decir, pueden ser distintas.

d. Alisado exponencial con ajuste de tendencia

El procedimiento de alisado exponencial con ajuste de tendencia permite calcular el pronóstico con tendencia a partir de datos históricos de la demanda.

Permite desarrollar los cálculos ingresando directamente los valores para la constante de alisado y la constante de tendencia, pero también permite que el programa calcule cuál es la mejor combinación entre cinco valores para la constante de alisado y cinco valores para la constante de tendencia que minimicen el DAM o el ECM, mostrando los resultados de las constantes y de las previsiones alisadas, las tendencias alisadas y las previsiones con tendencia para cada uno de los casos.

e. Proyección de tendencia

El procedimiento permite pronosticar cierto número de períodos futuros con base en demandas históricas, haciendo uso del método de mínimos cuadrados.

f. Análisis de regresión

El procedimiento de análisis de regresión permite derivar una ecuación que permita pronosticar valores futuros de una variable dependiente.

Dicho procedimiento precisa el ingreso de los nombres tanto de la variable dependiente, así como de la variable independiente, al igual que las parejas ordenadas de cada una de ellas.

Para desarrollar el pronóstico de la variable dependiente o de interés se debe hacer uso de la ecuación estimada de regresión arrojada por el programa. También calcula la desviación y el valor del coeficiente de correlación que permite medir el sentido de la asociación lineal y su fortaleza entre las dos variables consideradas, y poder determinar la validez de los resultados obtenidos.

g. Índices estacionales

El procedimiento de índices estacionales permite calcular el grado de ascenso o descenso de la demanda en determinados períodos debidos a eventos de tipo estacional.

Para ello, el usuario debe ingresar el número de años que tendrá en cuenta para el cálculo de los índices mensuales que luego serán aplicados a las estimaciones desarrolladas mediante otros métodos. Además, debe ingresar las demandas reales para cada uno de los meses de los años anteriores y sobre los cuales hará la estimación de los índices estacionales.

Los resultados arrojan los valores de los índices estacionales, los cuales indican si la demanda estará por encima o por debajo de la estimación plana efectuada mediante otros métodos. Si el índice es un número por encima de 1, entonces la demanda de ese período estará por encima del valor plano. Por el contrario, si el valor del índice está por debajo de 1 entonces la demanda para ese período estará por debajo de la estimación plana o sin considerar la estacionalidad. Si el valor es exactamente 1, quiere decir que el valor incluyendo la estacionalidad será igual al valor sin incluirla.

h. Señal de rastreo

El procedimiento de señal de rastreo sirve para hacer seguimiento y controlar las previsiones.

Para desarrollarlo, se debe ingresar el nombre de los períodos a tener en cuenta, la demanda prevista por cualquier método y la demanda real de cada uno de ellos.

El resultado que el programa arroja consiste en valores para la señal de rastreo que deberán ser interpretados por el analista de acuerdo a la forma indicada anteriormente en el marco teórico.

## 2. Módulo de Planificación Agregada

Debido a que existen diferentes métodos para el desarrollo de un plan agregado de producción, y teniendo en cuenta que unos producen mejores resultados que otros, pero que también en algunos casos pueden ser muchos más complejos operativa y algorítmicamente, nosotros decidimos escoger para esta solución el algoritmo del método del transporte de la programación lineal de Bowman, debido a que es un método “optimizador” y que sirve para la programación de cualquier empresa en general. Este método no tiene en cuenta contrataciones ni despidos de personal, por lo que puede ser usado en todas las oportunidades para la conformación del plan agregado de cualquier empresa que así lo requiera.

El procedimiento de planificación agregada permite desarrollar un programa de producción agregado, que luego será desagregado en tiempo y artículos independientes, mediante el plan maestro de producción PMP o en inglés master plan scheduling MPS.

Para su ejecución requiere que el usuario ingrese el número de períodos para los cuales se va a hacer la planificación, junto con las capacidades asociadas a cada una de las modalidades de producción en cada período, es decir, las restricciones de capacidad existentes en horas regulares, horas extras y subcontratación para cada uno de los períodos considerados.

Además el usuario debe ingresar el valor del inventario inicial, el costo de producción unitario en horas regulares, el costo de producción unitario en horas extras, el costo unitario de subcontratación, el costo de almacenamiento por unidad y período, el costo de retención de pedidos por unidad y período y las demandas agregadas para cada uno de los períodos considerados.

Estas demandas son las que resultan de los métodos de previsión desarrollados en el módulo anterior. Queda a juicio del analista, el escoger los resultados que se crean más convenientes de acuerdo a la experiencia y al dominio del campo de trabajo.

En caso en que se desee que queden existencias en inventario en el último período de planificación, es decir, inventario final, se debe sumar esta cantidad a la demanda del último período.

Es importante recordar que la capacidad total disponible debe ser mayor o igual que la demanda total de todos los períodos.

El programa arroja el plan agregado de producción para los períodos considerados, es decir, el número de unidades que deben ser fabricadas en cada período y en cada modalidad, para satisfacer la demanda de determinado período. Además, calcula el costo total de la implementación del plan de producción.

### 3. Módulo de MRP

Teniendo en cuenta que además del MRP corriente existen varias ampliaciones de los sistemas MRP, como el MRP de bucle cerrado, el MRP II, el CRP (Capacity Resource Planning) y el ERP, nosotros elegimos para la solución la programación del MRP corriente debido a la complejidad que las ampliaciones de éste representan.

Después de llevar a cabo la planificación agregada, es necesario desagregar ese plan en un programa que indique qué se debe hacer y cuándo. Este nuevo plan se denomina plan maestro de producción PMP o por sus siglas en inglés MPS (Master Plan Scheduling) e indica cuándo y qué cantidad de determinado producto es necesario fabricar.

Aquí las necesidades se presentan de forma individual y no en familias de productos, lo que determina exactamente lo que se va a producir. El plan maestro de producción es una programación de lo que se va a hacer y no una previsión de producción.

Habiendo determinado el PMP, se generan entonces unas necesidades brutas que es uno de los insumos del MRP.

El usuario debe determinar entonces el horizonte temporal sobre el cual hará la planificación de las necesidades de materiales. Como el usuario puede ingresar varios padres para la planificación, el horizonte temporal que tendrá en cuenta el programa para hacer la plantilla del MRP será aquél que tenga mayor número de períodos.

También debe especificar el número de niveles que tiene el padre más extenso, es decir, el que posee más niveles en su Diagrama de componentes por niveles.

El sistema soporta el número de artículos que el usuario desee ingresar y que la hoja de Excel soporte.

Para los artículos padre, el usuario debe ingresar el código de la pieza, la disponibilidad, el stock de seguridad, las asignaciones, el lead time y el número de períodos de planificación.

Para cada uno de los hijos se debe ingresar el código de la pieza, la cantidad requerida para hacer una unidad del padre, la disponibilidad, el stock de seguridad, la asignación, el lead time y la relación, es decir, el código de la pieza padre.

Se debe tener en cuenta que si se ingresan varios padres y más de uno de ellos tiene hijos que son comunes, es decir, que existen componentes comunes a varios padres, este componente se debe ingresar en el nivel inferior (o con número de nivel mayor) del padre que lo contenga en el nivel más inferior. Esto quiere decir, que si hay un padre que contiene un componente en el nivel 2 y otro padre contiene exactamente el mismo componente en el nivel 4, este componente debe ser ingresado para ambos padres en el nivel 4. Además, cuando se presentan estos casos, en el nivel deben quedar todos los ingresos del mismo componente en forma consecutiva, es decir, se debe ingresar un componente en forma completa, si éste pertenece simultáneamente a varios padres diferentes, haciendo notar la diferencia en la relación y la cantidad requerida del mismo.

Durante el procedimiento de toma de datos pueden producirse seis errores distintos, los cuales serán notificados al usuario por medio de un mensaje de error. Son los siguientes:

1. EN ESTE CUADRO EL NUMERO MINIMO DE NIVELES ES 1: se produce cuando en el formato de ingreso de datos de los niveles 1 hacia abajo el usuario ingresa el nivel 0.
2. EL ARTICULO QUE ACABA DE INGRESAR NO SE RELACIONA CON NINGUN OTRO EXISTENTE EN UN NIVEL INFERIOR Y NO SERA TENIDO EN CUENTA: se produce cuando el usuario ingresa un artículo que no está relacionado con ningún otro ingresado anteriormente en un nivel inferior y por lo tanto no va a ser tenido en cuenta.
3. EL ARTICULO QUE ACABA DE INGRESAR ESTA RELACIONADO CON UN ARTICULO DEL MISMO NIVEL Y NO SERA TENIDO EN CUENTA: se produce cuando el artículo recién ingresado tiene “relación” con un artículo que fue ingresado previamente en el mismo nivel y por lo tanto no será tenido en cuenta.
4. EL ARTICULO QUE ACABA DE INGRESAR YA ESTA REGISTRADO EN UN NIVEL INFERIOR Y NO SERA TENIDO EN CUENTA: se produce cuando se genera un reingreso de un artículo que previamente ya había sido ingresado en un nivel inferior y no será tenido en cuenta.
5. INGRESO DUPLICADO. EL ARTICULO RECIEN INGRESADO NO SERA TENIDO EN CUENTA: se produce cuando se genera un reingreso en un mismo nivel y no será tenido en cuenta.
6. DEBE INGRESAR TODOS LOS ARTICULOS CON EL MISMO CODIGO JUNTOS, UNO DESPUES DEL OTRO: se produce cuando habiendo varios ingresos de un mismo componente en su nivel inferior, éstos no se generan de forma consecutiva como anteriormente se había hecho alusión que debería ser.



La toma de datos se lleva a cabo en la hoja BOM (Bill of Materials – Cuenta de materiales).

La hoja MRP, cuenta con cinco botones. El primero se llama PLANTILLA y sirve para generar el formato general del MRP. El segundo se llama NECESIDADES BRUTAS Y RP y sirve para ingresar las necesidades brutas de cada padre o componente (hijo) y las recepciones programadas de cualquier artículo en el MRP. Se debe tener en cuenta que pueden existir demandas independientes de artículos hijos o componentes que no están atadas a la estructura del MRP, y en cuyo caso deben ser ingresadas como necesidades brutas de ese componente (en la mayoría de los casos representan piezas adicionales para mantenimiento y servicio técnico). El tercero se llama EPP L-L y sirve para desarrollar el MRP considerando la técnica de lote por lote para su solución. El cuarto se llama EPP EOQ y sirve para desarrollar el MRP considerando la técnica del lote económico EOQ para su solución. El quinto y último, se llama BORRAR y sirve para borrar la hoja MRP.

La “Hoja 1”, es una hoja auxiliar que no debe ser tenida en cuenta, pero que no puede ser eliminada ni ocultada, puesto que afectaría directamente el desempeño del MRP.

### **7.3. OPERACIÓN**

A continuación se describe la forma de operación de cada uno de los procedimientos y módulos del sistema.

#### **1. Módulo de Previsión**

##### **a. Medias móviles**

El procedimiento cuenta con tres botones. El primero de izquierda a derecha se llama TOMA DE DATOS, el segundo RESULTADOS y el tercero BORRAR.

Para iniciar el procedimiento, se debe hacer click en el botón toma de datos. Aparece una forma que requiere el ingreso del número de períodos previos y la media móvil. Luego se presiona el botón aceptar y se cierra la ventana.

Aparece inmediatamente otra pequeña ventana que solicita el “período” y las “ventas reales”. Se debe ingresar entonces esta información en ambas casillas y luego presionar el botón aceptar. Este procedimiento se repite tantas veces como sea necesario, es decir, hasta terminar de ingresar todos los datos históricos para el cálculo de la media móvil. Por último se cierra esta ventana.

Para obtener los cálculos se presiona el botón “resultados”.

Para borrar toda la hoja se presiona el botón “borrar”.

#### b. Medias móviles ponderadas

Al igual que el procedimiento de medias móviles, cuenta con los mismos tres botones para su operación. Para iniciar se hace click en el botón “toma de datos”. Aparece una ventana que solicita el ingreso de los “períodos previos” y la “media móvil”. Luego de ingresar los valores, se cierra la ventana para continuar con el proceso, no sin antes haber presionado el botón aceptar.

Aparece entonces otra ventana llamada “ponderaciones” que solicita el ingreso del “período” y la “ponderación”. En la casilla del período se debe ingresar el nombre del período anterior que se considerará al momento de realizar los cálculos de la ponderación y en la casilla de ponderación se debe ingresar la ponderación asignada al período que se está ingresando. Luego, se debe presionar el botón aceptar. Se repite el proceso según el número de períodos anteriores que se vayan a considerar para el cálculo de la media móvil. A continuación se debe cerrar la ventana para continuar con el proceso.

Aparece inmediatamente otra ventana denominada “datos históricos” que solicita el nombre del período y las ventas reales. Se deben ingresar la totalidad de los datos históricos a considerar, uno por uno, y haciendo click en el botón aceptar cada vez que se ingrese un nuevo período. Al finalizar se debe cerrar la ventana para continuar el proceso.

Para obtener los cálculos basta con presionar el botón “resultados”.

El botón “borrar” sirve para limpiar toda la hoja.

#### c. Alisado exponencial

El procedimiento cuenta con dos botones, “toma de datos” y “borrar todo”.

Para iniciar el proceso se debe hacer click en el botón “toma de datos”. Aparece una ventana denominada “información básica” solicitando el número de datos históricos a ser tenidos en cuenta. Luego de ingresar dicha información y hacer click en aceptar, aparece otra ventana denominada “demanda” solicitando las demandas reales para los diferentes períodos. Se deben ingresar una a una, haciendo click en aceptar para cada una de ellas. Al finalizar el ingreso de todos los datos históricos, aparece una nueva ventana denominada “información básica” que brinda dos posibles opciones: ingresar la constante de alisado o calcular la mejor constante de alisado entre varias.

En caso de elegir la opción para el ingreso directo de la constante de alisado y luego de hacer click en aceptar, aparece una ventana denominada “información básica” solicitando el ingreso de la previsión del período 1. Al ingresar dicha información y aceptarla, aparece otra ventana denominada “constante de alisado” solicitando el ingreso de dicho valor. Al aceptar, automáticamente aparecen los respectivos resultados. Se debe cerrar entonces la ventana de opciones para finalizar el proceso.

En caso de elegir la opción de calcular la mejor constante de alisado, al aceptarla, aparece la ventana denominada “información básica” que solicita el ingreso de la previsión del período 1. Al ingresar dicha información y aceptarla, aparece una ventana denominada “constantes” solicitando el ingreso de las constantes a comparar. Se pueden ingresar hasta 8 valores diferentes de constantes a comparar, como se había mencionado anteriormente. Automáticamente, luego de ingresar el último valor a comparar y aceptarlo, aparecen la mejor constante que minimiza el valor del DAM y la mejor constante que minimiza el ECM. Además, aparecen las previsiones tanto para el menor DAM como para el menor ECM. Se debe cerrar la ventana de las opciones para finalizar el proceso.

El botón “borrar todo” limpia la hoja.

d. Alisado exponencial con ajuste de tendencia

El procedimiento tiene dos botones, “toma de datos” y “borrar todo”.

Para iniciar el proceso se debe hacer click en “toma de datos”. Aparece una ventana denominada “información básica” solicitando el número de datos históricos. Al ingresar dicha información y aceptarla, aparece otra ventana denominada “demanda” solicitando el ingreso de los valores reales de la demanda para los períodos respectivos, los cuales deben ser ingresados uno a uno haciendo click en aceptar para cada uno de ellos. Cuando se terminan de ingresar todos los valores, aparece una ventana denominada “constantes de tendencia y alisado” con las opciones siguientes: ingresar tanto la constante de alisado como la de tendencia, y calcular la mejor constante de alisado y de tendencia por DAM.

Si se elige la primera opción, es decir, ingresar ambas constantes, aparece una ventana denominada “información básica” solicitando la previsión alisada del período 1. Después de ingresarla, solicita el valor de la tendencia del período 1. Apenas se ingresa y acepta el valor, aparece otra ventana denominada “constante de alisado” solicitando dicho valor. Luego, aparece una nueva ventana denominada “constante de tendencia” solicitando el ingreso de dicho valor. Automáticamente, se calculan los valores para la previsión alisada, la tendencia alisada y el pronóstico con tendencia. Basta cerrar la ventana de opciones para finalizar el proceso.

En caso de haber elegido la opción de calcular la mejor constante de alisado y de tendencia por DAM, aparece la ventana denominada “información básica” solicitando el valor de la previsión alisada del período 1 y luego, la tendencia del período 1. Aparece entonces, una ventana denominada “constantes” que solicita el ingreso de las constantes de alisado a comparar. Permite el ingreso de cinco constantes para su comparación, como se había mencionado anteriormente. Luego, se deben ingresar las constantes de tendencia a comparar.

Al terminar de ingresar las constantes, aparece una ventana denominada “CRITERIO ECM”, preguntando si calcula además las mejores constantes por el criterio ECM. Si

se desea que lo haga, entonces se debe aceptar, de lo contrario, se debe cerrar la ventana sin aceptarla.

Luego, se deben cerrar las ventanas que estén abiertas para analizar los resultados. Aparecen entonces, las constantes tanto de alisado como de tendencia que minimizan el DAM y el ECM. Además, aparecen la previsión alisada, la tendencia alisada y el pronóstico con tendencia para el menor DAM y el menor ECM, si así fue seleccionado.

En caso de no haber seleccionado que también se calculara la mejor constante de alisado y la mejor constante de tendencia para minimizar el ECM, la previsión alisada, la tendencia alisada y el pronóstico con tendencia no aparecerían y los valores de las constantes aparecerían al lado derecho de los resultados obtenidos para las previsiones del DAM.

El botón “borrar todo” limpia la hoja.

#### e. Proyección de tendencia

El procedimiento tiene dos botones, “toma de datos” y “borrar todo”.

Para iniciar el proceso se debe hacer click en “toma de datos”. Aparece una ventana denominada “información básica” solicitando el número de datos históricos. Luego de ingresar la información requerida y aceptarla, aparece una nueva ventana denominada “demanda” solicitando el ingreso de esta información. Debe ser ingresada período a período, haciendo click en aceptar para cada valor. Al terminar de ingresar la información, aparece la ventana “información básica”, solicitando el número de períodos a pronosticar. Se debe ingresar el valor y aceptarlo.

Aparecen entonces los resultados que muestran los cálculos de los pronósticos para los valores solicitados.

El botón “borrar todo” limpia la hoja.

#### f. Análisis de regresión

El procedimiento cuenta con dos botones, “análisis de regresión” y “borrar”.

Al hacer click en “análisis de regresión” aparece una ventana denominada “variable dependiente” que solicita el nombre de la variable de interés en la regresión. Luego de ingresar la información se debe hacer click en aceptar. Inmediatamente, aparece otra ventana que solicita el nombre de la variable independiente para la regresión. Luego de ingresarlo, se hace click en aceptar. Aparece entonces una ventana cuyo nombre es “toma de datos” solicitando las parejas ordenadas de datos para la variable dependiente e independiente. Se ingresan una a una haciendo click en aceptar para cada una de ellas. Al finalizar se cierra la ventana.

Automáticamente se desarrollan los cálculos y aparece una ventana denominada “ecuación de regresión” que indica cuál es la ecuación de regresión estimada. Se

debe presionar el botón aceptar para continuar con el proceso. Aparece entonces otra ventana denominada “error estándar de la estimación” que indica el valor de la desviación estándar de la regresión. Se debe hacer click en el botón aceptar. Aparece una nueva ventana denominada “coeficiente de correlación” que indica el valor de este coeficiente. De nuevo se hace click en aceptar para finalizar el proceso.

El botón “borrar” limpia la hoja.

#### g. Índices estacionales

El procedimiento cuenta con tres botones, “toma de datos”, “resultados” y “borrar”.

Para iniciar se hace click en el botón “toma de datos”. Aparece una ventana que solicita el ingreso del número de años que se van a tener en cuenta para el cálculo de los índices estacionales. Luego de ingresar el valor se hace click en aceptar. Aparece inmediatamente una ventana denominada “períodos” que solicita el ingreso del nombre de los años históricos. En la casilla “año” se ingresa el nombre del año y luego se hace click en aceptar cuantas veces sea necesario para ingresar la totalidad de los años. Luego se cierra la ventana.

Aparece entonces una ventana denominada “enero” que solicita ingresar una cifra. Se deben ingresar entonces los valores de las demandas reales para los meses de enero de los años históricos a considerar, uno por uno, y haciendo click en aceptar cada vez que se ingrese un valor. Cuando se han ingresado todos los valores correspondientes a enero, se continúa con los de febrero, en cuyo caso la ventana lo indicará en su nombre (parte superior) y así sucesivamente con todos los meses del año hasta completar las demandas reales para todos los meses de todos los años históricos.

Para obtener los valores de los índices estacionales, se presiona el botón “resultados”.

Con el botón “borrar” se limpia toda la hoja.

#### h. Señal de rastreo

El procedimiento tiene dos botones, “señal de rastreo” y “borrar”.

Para iniciar se hace click en el botón “señal de rastreo”. Aparece una ventana denominada “toma de datos” que solicita la información del nombre del período a considerar, la demanda prevista del mismo y la demanda real. Se debe ingresar período por período, haciendo click en aceptar cada vez que se ingrese uno diferente. Al final se debe cerrar la ventana para continuar con el proceso.

Automáticamente el sistema calcula los resultados necesarios para obtener la señal de rastreo.

El botón “borrar” limpia la hoja.

## 2. Módulo de Planificación Agregada

El módulo de planificación agregada tiene dos hojas, “datos” y “resultados”.

En la hoja “datos” tiene dos botones, “toma de datos” y “borrar todo”.

Para iniciar el proceso, se hace click en el botón “toma de datos”. Aparece una ventana denominada “información básica” que solicita el ingreso de la siguiente información: inventario inicial, costo por unidad en horas regulares, costos por unidad en horas extras, costo por unidad de subcontratación, costo de almacenamiento por unidad y período y costo de retención de pedidos por unidad y período. Luego de ingresar la información se debe hacer click en el botón aceptar y cerrar la ventana.

Después, aparece otra ventana denominada “horizonte temporal” que solicita el ingreso del número total de períodos. Se debe ingresar la información requerida y hacer click en aceptar. Luego, aparece una nueva ventana denominada “capacidades y demanda prevista” que solicita la siguiente información: el período para el cual se van a ingresar los valores, la capacidad de producción disponible en unidades en horas regulares, horas extras y subcontratación y la previsión de la demanda. Se debe ingresar la información período a período, haciendo click en aceptar una vez finalizado cada período. Cuando se ingrese la información de todos los períodos se debe cerrar la ventana.

El botón “borrar todo” limpia ambas hojas.

A continuación se debe pasar a la hoja “resultados” que contiene dos botones, “plantilla” y “borrar”. Para obtener los resultados se debe hacer presión en el botón “plantilla”. Se generará la tabla de asignaciones en donde aparecen los resultados del plan agregado de producción. Automáticamente aparece una ventana denominada “costo total” en donde se muestra el costo total de la implementación del plan de producción. Se debe dar click en aceptar para finalizar el proceso.

El botón “borrar” limpia la hoja “resultados”.

## 3. Módulo de MRP

El módulo de MRP tiene tres hojas, “BOM”, “MRP” y “Hoja 1”.

La hoja “BOM” tiene dos botones, “toma de datos” y “borrar datos”.

Para iniciar el proceso, hacer click en el botón “toma de datos”. Aparece una ventana denominada “lista de materiales” que solicita el número total de niveles del producto padre que más extenso sea entre los que se van a tener en cuenta. Después de ingresar la información y hacer click en aceptar, aparece otra ventana denominada “lista de materiales” solicitando el nivel del artículo que será ingresado. Se debe empezar por el nivel 0, es decir, por el artículo padre. Al aceptar, aparece una ventana

denominada “lista de materiales-padres” que solicita el ingreso de la siguiente información para cada padre que se vaya a tener en cuenta: el código de la pieza, la disponibilidad, el stock de seguridad, la asignación, el lead time y los períodos, es decir, el horizonte de planificación. Como ya se había mencionado anteriormente, el programa escoge aquel horizonte más largo entre los ingresados para los diferentes padres. Se deben ingresar todos los padres uno por uno, haciendo click en aceptar para cada uno de ellos. Al finalizar el ingreso de todos los artículos padres, se debe hacer click en el botón “salir” para continuar el proceso.

Aparece una ventana denominada “lista de materiales-componentes” que solicita la siguiente información: el nivel del componente, el código de la pieza, la cantidad de piezas necesarias para hacer un artículo padre, la disponibilidad, el stock de seguridad, la asignación, el lead time y la relación, es decir, el código del padre.

Se deben ingresar todos los componentes uno por uno, haciendo click en aceptar para cada uno de ellos. Al finalizar, se debe cerrar la ventana “lista de materiales-componentes” y la ventana “lista de materiales-padres”.

Se debe pasar entonces a la hoja “MRP” y hacer click en el botón “plantilla” para generar el formato general del MRP. A continuación se debe hacer click en el botón “necesidades brutas y rp” y luego de un momento aparece una ventana denominada “programa marco de producción” indicando que a continuación se deben ingresar las necesidades brutas y las recepciones programadas. Se debe hacer click en aceptar. Aparece otra ventana denominada “nb-rp” solicitando la siguiente información: el código de la pieza, el período y la cantidad y las opciones necesidad bruta y recepción programada. Se deben ingresar una a una las necesidades brutas o recepciones programadas, haciendo click en aceptar para cada una de ellas. Si se desea, los valores ingresados pueden ser tratados simultáneamente como necesidades y como recepciones programadas. Al finalizar el proceso de ingreso de la información, se debe cerrar la ventana.

Nota: este es el punto en donde se deben ingresar no solamente las necesidades de los productos padres sino también las necesidades independientes de algunos artículos componentes, como se había mencionado anteriormente.

A continuación se debe decidir la técnica para dimensionar el tamaño de los lotes. Existen dos posibles alternativas. Usar la técnica de lote por lote o la técnica de lote económico EOQ. Dependiendo de esta elección se debe hacer click en el botón correspondiente. Para usar la técnica de lote por lote se debe hacer click en el botón “EPP L-L”. Si se desea hacer uso de la técnica EOQ, entonces se deberá hacer click en el botón “EPP EOQ”. No se pueden desarrollar ambos procedimientos en forma simultánea. Si se desean comparar los resultados, se debe hacer primero por un método y guardar los resultados, para luego ser comparados con los resultados obtenidos por el otro método desarrollado posteriormente.

El botón “borrar” ubicado en la hoja “MRP” sirve para limpiar esa hoja.

El botón “borrar datos” ubicado en la hoja “BOM” sirve para limpiar las hojas “BOM” y “MRP”.

#### **7.4. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE**

Para la implementación de los programas desarrollados en el presente trabajo, los requerimientos mínimos de software consisten en: Windows 98 SE y Office 97.

#### **7.5. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE**

Para la puesta en marcha de los programas desarrollados durante el presente trabajo, los requerimientos mínimos de hardware consisten en:

- Procesador de 1.4 GHz.
- Memoria RAM de 512 MB.



## **8. CAPÍTULO 5. RESULTADOS**

Debido a la necesidad de verificar el buen funcionamiento del programa desarrollado, surge entonces la necesidad de hacer una corrida de cada uno de los procedimientos en los diferentes módulos, para garantizar que los resultados obtenidos son válidos y consecuentes con lo esperado.

### **8.1. CORRIDA EXPERIMENTAL**

Para cada uno de los procedimientos en todos los módulos, se corrió un ejemplo ilustrativo que permitiera evaluar las bondades y fallas que éstos pudiesen presentar. Los archivos adjuntos a este trabajo muestran los resultados obtenidos para cada uno de los problemas corridos en los procedimientos y módulos desarrollados.

### **8.2. VALIDACIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados obtenidos para cada uno de los procedimientos están acorde con los valores esperados, lo que indica que el programa completo presenta un desempeño satisfactorio y que está a punto para ser utilizado para resolver cualquier problema que se ajuste a las características y especificaciones indicadas a lo largo del presente trabajo.

### **8.3. CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO**

La solución propuesta está a punto para ser utilizada para resolver cualquier tipo de problemas de la índole especificada, a lo largo de la descripción de la misma. Los resultados obtenidos son satisfactorios y cumplen con lo esperado.

## 9. CAPÍTULO 6. CONSIDERACIONES FINALES

### 9.1. CONCLUSIONES

- A pesar de que muchas empresas del sector manufacturero de la ciudad de Medellín cuentan con algunas herramientas de tecnologías de información y comunicaciones para gestionar las actividades de la cadena de suministro, no las tienen completamente integradas entre sí, lo que produce demoras en el procesamiento de datos y por tanto retardos significativos en la información necesaria para la toma de decisiones.
- Las suites ERP son las herramientas tecnológicas preferidas por las empresas de todos los tamaños para la gestión administrativa de sus recursos.
- Los sistemas ERP comerciales presentan graves falencias en el aspecto de la logística interna, puesto que no suplen las necesidades de los clientes en ese sentido.
- La apropiación e implementación de diferentes TIC'S a lo largo de la cadena de suministros, permite que las empresas alcancen mayores índices de productividad, mayores niveles de competitividad y mejor desempeño y captación de mercados en el ámbito global.
- Según el cuadrante mágico de Gartner, existen cuatro estados que describen la situación particular de una suite ERP, los cuales son: líderes, visionarios, retardadores y jugadores locales.
- Ninguna PYME de las encuestadas en el estudio del SQDM cuenta con una suite ERP de categoría mundial, lo que justifica grandes esfuerzos por intentar crear productos de alto desempeño a menores costos que suplan las necesidades del mercado local acerca de este tipo de soluciones informáticas.
- Existen diferentes metodologías para desarrollar pronósticos de demanda, las cuales se pueden dividir en dos grandes grupos: los métodos cualitativos y los métodos cuantitativos, los cuales a su vez, se pueden dividir en métodos de series de tiempo y métodos causales.
- En todos los casos resulta conveniente desarrollar varios métodos de previsión para la correcta toma de decisiones.
- Dependiendo del número de artículos a los cuales se deba hacer pronósticos de demanda, se debe hacer una clasificación de acuerdo a su importancia para los intereses de la compañía, para no desgastarse en cálculos que no tendrán a futuro importante significancia.

- La técnica del método del transporte de la programación lineal de Bowman, permite desarrollar planes agregados óptimos, teniendo en cuenta las restricciones en los recursos, pero sin tener en cuenta el factor de contrataciones y despidos de personal.
- El MRP es la técnica de planificación de las necesidades de materiales que se debe usar bajo un entorno de demanda dependiente. Técnicas como la del EOQ serán más convenientes bajo entornos de incertidumbre.
- El lenguaje de programación Visual Basic bajo entorno de Microsoft Excel, se convierte en una herramienta poderosa para la automatización de muchos procesos que en las empresas se desarrollan de forma manual, permitiendo ahorrar grandes cantidades de tiempo y de recursos, y lograr tener la información valiosa en el tiempo oportuno para tomar decisiones acertadas.
- Los procedimientos y módulos desarrollados se encuentran puestos a punto para solucionar cualquier tipo de problema que se ajuste a los parámetros definidos a lo largo del documento.
- Los procesos de planificación de las operaciones juegan un papel de vital importancia en los costos de las compañías, produciendo grandes márgenes de utilidad o la quiebra de las mismas.

## **9.2. RECOMENDACIONES**

- Falta por explorar una parte fundamental en el proceso de planificación. Esto es, la programación de corto plazo, de planta o de piso, que resulta determinante en la gestión y administración de las operaciones de las empresas, tanto de manufactura como de servicios.
- Las empresas que actualmente cuentan con módulos o suites completas de ERP, deben aprender a usar todas las herramientas disponibles en ellas, para garantizar la mejor gestión de la cadena de suministros y el retorno de la inversión ejecutada.
- Se debe hacer la integración de todos los procedimientos y módulos desarrollados a lo largo de este trabajo, para garantizar el éxito de las conclusiones que se extraigan de los resultados obtenidos, es decir, que los resultados de unos procedimientos se conviertan en la materia prima de los procedimientos siguientes.
- En el momento en que la dirección de la empresa decide adquirir e implementar una TIC, debe pensar simultáneamente en cuáles deben ser los procesos a ser modificados para permitir que el acoplamiento de los nuevos procedimientos sea consecuente con el flujo óptimo de la información, y la implementación efectivamente resulte ser exitosa para la empresa. La sola adquisición de una

solución, no garantiza que el problema detectado está bajo control. Se deben cambiar paradigmas y métodos, con el fin de hacer del mejoramiento continuo la filosofía que imponga las directrices dentro de la organización.

## 10. GLOSARIO

- **AJUSTE ATRASADO:** un sistema para reducir los saldos del inventario, restando todos los componentes de la lista de materiales hasta que se complete la unidad.
- **ALISADO ADAPTABLE:** un método de previsión por alisado exponencial en el que la constante de alisado se cambia automáticamente para mantener los errores en un mínimo.
- **ALISADO EXPONENCIAL:** una técnica de previsión de media móvil ponderada en la que los datos se pesan por medio de una función exponencial.
- **ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL:** es un modelo matemático directo para describir las relaciones funcionales entre las variables dependientes e independientes.
- **CICLOS:** son patrones de los datos que se producen cada varios años.
- **CODIFICACIÓN DE NIVEL INFERIOR:** un número que sitúa a los artículos en el nivel más bajo en el que aparecen.
- **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN:** es una medida de la intensidad de la relación entre dos variables.
- **COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN:** es una medida de la cantidad de variación en la variable dependiente con respecto a su media que se explica mediante la ecuación de regresión.
- **CONSTANTE DE ALISADO:** es el factor de ponderación que se utiliza en un pronóstico de alisado exponencial, y es un número entre 0 y 1.
- **DECISIONES DE PROGRAMACIÓN:** realización de planes que ajusten la producción a las fluctuaciones de la demanda.
- **DECISIONES PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LOS LOTES:** el proceso o las técnicas para determinar el tamaño del lote.
- **DESAGREGACIÓN:** proceso de descomponer la planificación agregada en otros planes de mayor detalle.
- **DESVIACIÓN ABSOLUTA MEDIA (DAM):** es una medida del error global de previsión de un modelo.
- **EMISIÓN DE PEDIDOS PLANIFICADOS:** la fecha programada para que se realice una orden de pedido (de producción o compra).

- ENFOQUE SIMPLE: es una técnica de previsión que supone que la demanda del próximo período es igual a la demanda del último período.
- EQUILIBRIO DE UNIDADES ENTRE PERÍODOS (PPB): técnica de pedidos para el inventario que equilibra los costos de preparación y mantenimiento mediante la variación del tamaño del lote para reflejar las necesidades del próximo lote en el futuro.
- ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM): es la media de las diferencias cuadráticas entre los valores previstos y los observados.
- ERROR ESTÁNDAR DE ESTIMACIÓN: es una medida de variabilidad alrededor de la línea de regresión (su desviación estándar).
- ESTRATEGIA DE ALCANCE: mantiene la producción igual a la demanda.
- ESTRATEGIAS MIXTAS: suponen la combinación de dos o más variables controlables para establecer un plan de producción factible.
- ESTUDIO DE MERCADO DEL CONSUMIDOR: un método de previsión que requiere información de los clientes o clientes potenciales con respecto a los planes de compra futuros.
- FRACCIONES: unidades de tiempo en un sistema de planificación de necesidades de materiales MRP.
- GESTIÓN DEL RENDIMIENTO: decisiones de capacidad que determinan la localización de los diferentes tipos de recursos para maximizar las ganancias o la producción.
- INCLINACIÓN: una previsión que es claramente superior o inferior a los valores reales de una serie temporal.
- INFORMES DE CARGA: informe que muestra las necesidades de recursos en un centro de trabajo para todas las labores actualmente asignadas a ese centro, así como de los pedidos planificados y esperados.
- INTERVALOS DE TIEMPO: una forma de permitir que un segmento del programa marco se designe como “no reprogramable”.
- JURADO DE OPINIÓN EJECUTIVA: una técnica de previsión que recoge la opinión de un pequeño grupo de directores cualificados a partir de la cual se establece una estimación conjunta de la demanda.
- LISTA DE MATERIALES: una lista de los componentes que entran a formar parte de la fabricación de una unidad de producto, su descripción, y la cantidad necesaria de cada uno de ellos.

- LISTA DE MÓDULOS: listas de materiales organizadas por submontajes de mayor importancia o por opciones de producto.
- LISTAS DE PLANIFICACIÓN (O KITS): un conjunto de materiales creado para asignar un padre artificial a la lista de materiales.
- LISTAS FANTASMAS DE MATERIALES: listas de materiales de componentes, generalmente montados, que existen temporalmente; nunca se introducen en el inventario.
- LOTE POR LOTE: una técnica para determinar el tamaño del lote con la que se produce exactamente lo necesario para afrontar lo planificado.
- MEDIAS MÓVILES: es un método de previsión que utiliza la media de los n períodos de datos más recientes para hacer la previsión del período siguiente.
- MÉTODO DE COEFICIENTES DE GESTIÓN: un modelo de planificación explícito basado en la experiencia y eficacia del directivo.
- MÉTODO DELPHI: una técnica de previsión que utiliza un proceso de grupo que permite a los expertos realizar las previsiones.
- MÉTODO DE TRANSPORTE DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL: un modo de encontrar la solución óptima de un problema de planificación agregada.
- NECESIDADES NETAS DE MATERIALES: el resultado de ajustar las necesidades brutas, el inventario disponible y las recepciones programadas.
- NERVIOSISMO EN EL SISTEMA: cambios frecuentes en el sistema MRP.
- PEGGING: rastrear hacia arriba la lista de materiales, desde el componente hasta el artículo padre.
- PLAN DE NECESIDADES BRUTAS DE MATERIALES: una programación que muestra la demanda total de un artículo antes de restar las existencias en inventario y las recepciones programadas, y cuándo debe ser pedido a los proveedores o cuándo debe comenzar la producción para igualar la demanda en una fecha concreta.
- PLANIFICACIÓN AGREGADA: un método para determinar la cantidad de producción y su desarrollo en el tiempo para un plazo medio (generalmente entre 3 a 18 meses).
- PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES (MRP): una técnica de demanda dependiente que utiliza listas de materiales, inventarios, recepciones esperadas y un programa marco de producción para determinar las necesidades de materiales.

- PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE MATERIALES II (MRP II): sistema que permite, mientras se utiliza la MRP, que se amplíen los datos del inventario con otras variables de recursos; en este caso, la MRP se convierte en la planificación de “recursos” de materiales.
- PLANIFICACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA (ERP): un sistema de la MRP II que relaciona los pedidos de los clientes con todos los recursos de la organización, y finalmente, con los proveedores.
- PLAZO DE ENTREGA (LEAD TIME): en sistemas de adquisición es el tiempo entre el reconocimiento de la necesidad de un pedido y su entrega; en los sistemas de producción, es el pedido, el plazo de entrega, el transporte, la espera, la preparación y el procesamiento de cada componente producido.
- PREVISIÓN: es el arte y la ciencia de predecir acontecimientos futuros.
- PREVISIÓN ENFOCADA: previsión que prueba una variedad de modelos de computador, y selecciona el mejor para una aplicación determinada.
- PREVISIONES CUALITATIVAS: las previsiones que incorporan factores tales como la intuición de la persona que toma las decisiones, emociones, experiencias personales, y sistemas de valores.
- PREVISIONES CUANTITATIVAS: las previsiones que emplean uno o más modelos matemáticos que se basan en datos históricos y/o variables causales para prever la demanda.
- PREVISIONES DE DEMANDA: pronósticos de las ventas de una compañía por cada período de tiempo según las perspectivas planificadas.
- PREVISIONES ECONÓMICAS: indicadores de planificación valiosos para ayudar a las organizaciones a preparar previsiones a medio y largo plazo.
- PREVISIONES TECNOLÓGICAS: pronósticos a largo plazo relacionados con la tasa de crecimiento del progreso tecnológico.
- PROCEDIMIENTO DE WAGNER-WHITIN: una técnica para el cálculo de la dimensión del tamaño del lote, que supone, para llegar a una estrategia de pedidos, un horizonte de tiempo finito, después del cual no hay nuevas necesidades netas.
- PROGRAMA MARCO DE PRODUCCIÓN (PMP): una programación que especifica qué se debe fabricar y cuándo.
- PROGRAMACIÓN EQUILIBRADA: mantiene constante el volumen de output, la tasa de producción, o la plantilla durante todo el horizonte temporal de la planificación.



- **PROPOSICIÓN DEL PERSONAL COMERCIAL:** una técnica de previsión que se basa en la estimación de las ventas esperadas por los vendedores.
- **PROYECCIÓN DE TENDENCIA:** es un método de previsión de series temporales que ajusta una línea de tendencia a una serie de datos históricos, y entonces proyecta la línea hacia el futuro para realizar previsiones.
- **RECEPCIONES DE PEDIDOS PLANIFICADOS:** la cantidad planificada que ha de recibirse en una fecha futura.
- **REGRESIÓN MÚLTIPLE:** un método de previsión causal con más de una variable independiente.
- **SEÑAL DE RASTREO:** es una medida que determina el grado de precisión de la previsión para valores reales.
- **SERIES TEMPORALES:** una técnica de previsión que utiliza una serie de datos pasados para hacer la previsión.
- **SISTEMA MRP DE BUCLE CERRADO:** un sistema que proporciona un feedback (retroalimentación) al plan de capacidad, al programa marco de producción, y al plan de producción, de forma que la planificación pueda permanecer vigente en todo momento.
- **SISTEMA SIN FRACCIONES:** datos temporales que se obtienen utilizando registros con fechas en vez de definiendo períodos de tiempo o porciones.
- **TASA UNIDAD PERÍODO ECONÓMICA (EPP):** es el período de tiempo en el que la relación entre los costos de preparación y los costos de almacenamiento se iguala.
- **TÉCNICAS DE GRÁFICOS Y CUADROS:** técnicas de planificación agregada que funcionan con pocas variables a la vez, para permitir a los planificadores comparar la capacidad prevista con la existente.
- **VARIACIONES ESTACIONALES:** son movimientos regulares ascendentes o descendentes en una serie temporal que están vinculados a eventos periódicos.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADAM, EVERETT E.; ELVERT, RONALD J. Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento. - 4. ED. Prentice Hall. México, D.F., 1991.
- [2] BALLOU, RONALD H. Business logistics/supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain. Prentice Hall. Upper Saddle River, N.J., 2004.
- [3] BOWMAN, E.H. Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programming. Operations Research, 4, 100-103, 1956.
- [4] BROOKS, GEORGE H. Materials Requirement Planning with a Microcomputer. Computers and Industrial Engineering. Volume 9. Issue 3. 1985. Pages 225-230.
- [5] BUFFA, ELWOOD S. Models for production and operations management. John Wiley & Sons. Estados Unidos, 1963.
- [6] BUFFA, ELWOOD S. Dirección técnica y administración de la producción Limusa. . México, D.F., 1980.
- [7] BUFFA ELWOOD S; SARIN RAKESH K. Administración de la producción y de las operaciones. Limusa. México, 1992.
- [8] CHASE, RICHARD B.; JACOBS, F. ROBERT; AQUILANO, NICHOLAS J. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Ed. 10. McGraw-Hill Interamericana. México, D.F. 2005.
- [9] CORREA, ALEXANDER & GÓMEZ, RODRIGO. Tecnologías de Información en la Cadena de Suministro. Revista Dyna. Edición 157. Medellín. 2009.
- [10] "CULTURA DEL MEJORAMIENTO Y LA INNOVACIÓN EN LAS MIPYMES", SQDM S.A., Grupo Productividad Siglo XXI de la Universidad de Antioquia e Intersoftware. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. Medellín, 2005.
- [11] DANTE BOITEUX, ORLANDO; COROMINAS, ALBERT; LUSA, AMAIA. Estado del arte sobre planificación agregada de la producción. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2007.
- [12] DOMÍNGUEZ MACHUCA, JOSÉ ANTONIO, ET AL. Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. McGraw-Hill. Madrid, España, 1995.

- [13] EILON, SAMUEL. Elements of production planning and control. Macmillan. New York, U.S.A., 1962.
- [14] GAITHER, NORMAN; FRAZIER, GREF. Production and operations management. International Thomson. Estados Unidos, 1999.
- [15] GARCÍA, FRANCISCO ANTONIO. Breve historia de la administración de la producción y de las operaciones. Universidad de los Andes, Mérida, 2004.
- [16] GUNASEKARAN, ANGAPPA; NGAI, ERIC. Modeling and analysis of build-to-order supply chains. European Journal of Operational Research, 2008.
- [17] HEIZER, J & RENDER, B. Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones estratégicas. Pearson Education. 2007. 571 p.
- [18] HEIZER, J & RENDER, B. Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones tácticas. Pearson Education. 2008. 517 p.
- [19] KALENATIC, DUSKO; BLANCO RIVERO, LUIS ERNESTO. Aplicaciones computacionales en producción. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, 1993.
- [20] LEUNG,STEPHEN; CHAN, SHIRLEY. A goal programming model for aggregate production planning with resource utilization constraint. Computers & Industrial Engineering, 2008.
- [21] MABERT, VINCENT A. The early road to material requirements planning. Journal of Operations Management. Volume 25. Issue 2. March 2007. Pages 346-356.
- [22] NAHMIA, STEVEN. Análisis de la producción y las operaciones. McGraw-Hill Interamericana. México, D.F., 2007.
- [23] ORLICKY, J. Material Requirements Planning. Mc Graw Hill. New York. 1975.
- [24] RODRÍGUEZ, JOSE IGNACIO. Aprenda Visual Basic 6.0 como si estuviera en primero. Universidad de Navarra. San Sebastián, 1998.
- [25] SIPPER, DANIEL; BULFIN, ROBERT. Planeación y Control de la Producción. McGraw Hill. Ciudad de México, 1998.
- [26] TAWKIK, LOUIS; CHAUVEL, ALAIN. Administración de la producción. McGraw-Hill. México, D.F. 1984.
- [27] UNIVERSIDAD DE NAVARRA. Material docente, asignatura Organización de la producción II. [en línea], España, 2007. [http://www.unav.es/ocw/orgproduccionII/pagina\\_7.html/](http://www.unav.es/ocw/orgproduccionII/pagina_7.html/) (Consulta: 20 de octubre, 2008)
- [28] WATER, DONALD J. Logistics: an introduction to supply chain management. Palgrave. New York, U.S.A., 2003.

[29] WIDIARTA, HANDIK; VISWANATHAN, S.; PIPLANI, RAJESH. Forecasting aggregate demand: An analytical evaluation of top-down versus bottom-up forecasting in a production planning framework. *International Journal of Production Economics*, 2008.