

T-IND
658.787
SILa
V. L



Escuela Superior Politécnica del Litoral

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**Administración De Inventarios En Una
Empresa De Productos Plásticos**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

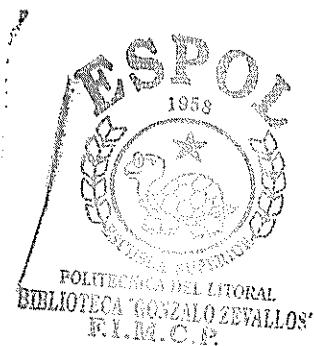
Presentada Por:

Jessica Jacqueline Silva Brito

Guayaquil - Ecuador

Año - 2004

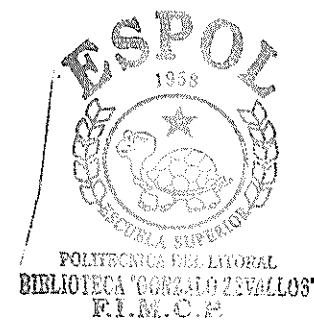
AGRADECIMIENTO



Al Ing. Jorge Abad, Director de la Tesis de Grado, por su guía y apoyo permanente en la elaboración de esta tesis.

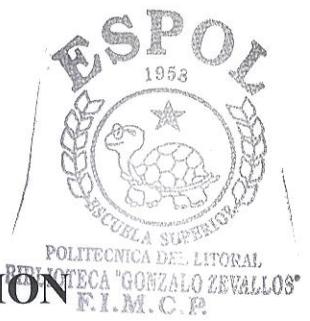
Al Lcdo. Mario Velázquez por su ayuda y colaboración para la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

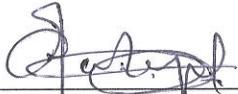


MIS PADRES

A MIS HERMANOS

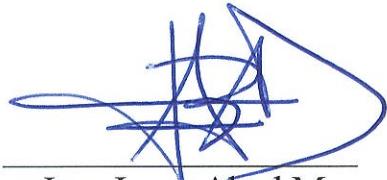


TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Marcos Tapia Q.

**DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE**



Ing. Jorge Abad M.

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Nelson Cevallos B..

VOCAL



DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta
Tesis de Grado, me corresponde
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de
la misma a la ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Jessica Silva Brito



RESUMEN

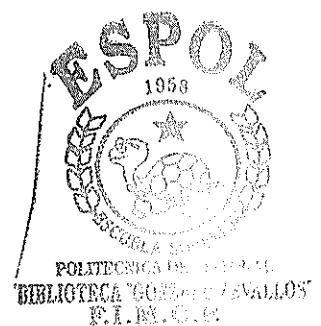
La empresa donde se va a realizar el estudio fabrica dos marcas de bolígrafos que difieren en el tipo de escritura en tres colores distintos de escritura fina y cuatro de escritura gruesa. La empresa se dedica a comercializar estos productos en el mercado local e internacional. Adicionalmente importa otros productos de varias filiales para distribuirlos localmente.

La empresa no posee un Sistema de Planificación y Control de Inventarios lo que conlleva a mantener niveles de inventarios elevados de materias primas, productos en proceso, así como de producto terminado. En ocasiones no hay espacio suficiente en las bodegas. Adicionalmente hay clientes que pueden recibir pedidos incompletos con lo que el nivel de servicio de la empresa disminuye. Existen productos que no producen el mayor porcentaje de las ventas pero se los continua importando en cantidades no eficientes.

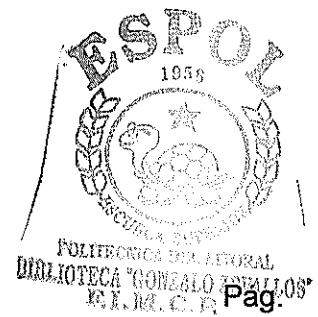
Se empezará por identificar cuales son los productos para el consumidor final y cuales son las materias primas y productos en proceso. En el caso de la demanda independiente se realizará una segmentación de los productos principales con el Método ABC, para poder analizar una apropiada Política de compras utilizando el Método del Punto de Reorden. Para el caso de la demanda dependiente se utilizará el sistema MRP para visualizar las

cantidades reales que se necesitan de materias primas. Se procederá a realizar el diseño para ambas bodegas y se analizará la mejor ubicación para todos los productos dentro de las bodegas, así como las técnicas de control que se utilizarán y que indicadores se podrán usar para medir el desempeño del diseño.

Con este análisis se obtendrá una correcta política de inventarios para poder definir una adecuada administración y control de inventarios.



INDICE GENERAL



RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XII
SIMBOLOGIA.....	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS.....	XV
CAPITULO 1	
1. INTRODUCCION A LOS INVENTARIOS.....	1
1.1. Objetivos de los Inventarios.....	2
1.2. Clasificación de los Inventarios.....	3
1.3. Costos de los Inventarios.....	5
1.3.1. Costos de Adquisición.....	5
1.3.2. Costos de Inspección.....	6
1.3.3. Costos de Almacenaje.....	7
1.3.4. Costos de Manejo.....	7
1.3.5. Costos de Obsolescencia.....	7
1.3.6. Costos de Seguro.....	7
1.3.7. Costos de Desabasto.....	7
1.4. Indicadores de Desempeño.....	8

1.4.1. Servicio al Cliente.....	8
1.4.2. Inversión en Inventario.....	9

CAPITULO 2

2. PLANEACION DE INVENTARIOS.....	12
2.1. Pronósticos de da Demanda.....	16
2.2. Análisis ABC.....	23
2.2.1. Objetivos Del Método ABC.....	25
2.2.2. Porque Utilizar El Método ABC.....	27
2.3. Planeación de Inventarios con Demanda Independiente.....	28
2.3.1. Método De Punto De Reorden.....	28
2.3.2. Método Periódico.....	31
2.3.3. Reglas Del Pedido.....	33
2.4. Planeación de Inventarios con Demanda Dependiente.....	40
2.4.1. Sistemas MRP.....	42
2.4.2. Sistemas MRP II.....	56

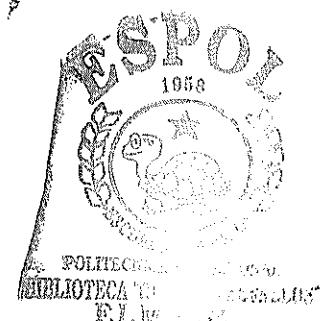
CAPITULO 3

3. ANÁLISIS DE LA EMPRESA.....	60
3.1. Reseña Histórica Del Plástico.....	60
3.2. Clasificaciones.....	62
3.3. Desarrollo En El Ecuador.....	65

3.4. Análisis De La Empresa.....	66
3.4.1. Situación Actual.....	66
3.4.2. Clasificación de los Productos de Demanda Independiente.....	69
3.4.3. Clasificación de los Productos de Demanda Dependiente.....	71
3.4.4. Descripción del Proceso de Fabricación del Bolígrafo.....	74

CAPITULO 4

4. DISEÑO DE POLITICA DE INVENTARIOS PARA PRODUCTOS DE DEMANDA INDEPENDIENTE.....	86
4.1. Estratificación de los Productos: Implementación del Método ABC.....	86
4.2. Calculo De Pronósticos.....	90
4.3. Aplicación del Modelo de Punto de Reorden.....	107
4.4. Análisis de los Resultados.....	117
4.4.1. Ubicación de Productos.....	119
4.4.2. Método de Control.....	122
4.4.3. Indicadores de Desempeño.....	123



CAPITULO 5

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES

PARA DEMANDA DEPENDIENTE.....	126
5.1. Calculo de Pronósticos.....	127
5.2. Resultados.....	138
5.3. Análisis de los Resultados.....	153
5.3.1. Ubicación de Productos.....	154
5.3.2. Método de Control.....	156
5.3.3. Indicadores de Desempeño.....	156

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	159
--	-----

APENDICES

BIBLIOGRAFIA



ABREVIATURAS

Kg. Kilogramos

Lt. Litros

MRP Plan de Requerimientos de Materiales

MPS Plan Maestro de Producción



SIMBOLOGÍA



Operación:

Transporte:

Inspección:

Demora:

Almacenaje:

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2.1 Demanda Independiente.....	13
Figura 2.2 Demanda Dependiente.....	14
Figura 2.3 Diseño de modelo de pronóstico.....	15
Figura 2.4 Clasificación ABC.....	25
Figura 2.5 Punto de reorden.....	29
Figura 2.6 Método Periódico.....	32
Figura 2.7 Modelo EOQ.....	35
Figura 2.8 Esquema Básico del MRP.....	45
Figura 2.9 Nodo del BOM.....	50
Figura 2.10 Lista de Materiales.....	51
Figura 2.11 Sistema Básico del MRP II.....	58
Figura 3.1 Componentes del bolígrafo.....	72
Figura 4.1 Clasificación ABC.....	117
Figura 4.2 Layout de bodega de producto terminado.....	120
Figura 4.3 Layout ideal de bodega Producto Local.....	121
Figura 5.1 Layout de bodega.....	155

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Nivel de Planeación.....	15
Tabla 2.2 Métodos Básicos de Reglas de decisión.....	16
Tabla 2.3 Valores SF.....	30
Tabla 2.4 Plantilla MPS.....	49
Tabla 2.5 Plantilla MRP.....	54
Tabla 3.1 Porcentajes de Participación de Mercado.....	68
Tabla 3.2 Ventas por categoría año 2002.....	70
Tabla 3.2 Componentes cuerpo del bolígrafo.....	72
Tabla 3.4 Componentes del repuesto del bolígrafo.....	73
Tabla 3.5 Flujo de proceso de producción de barril.....	79
Tabla 3.6 Flujo de proceso de producción de tapa	80
Tabla 3.7 Flujo de proceso de producción de botón.....	81
Tabla 3.8 Flujo de proceso de producción de soporte.....	82
Tabla 3.9 Flujo de proceso de producción de tubo	83
Tabla 3.10 Flujo de proceso de producción de repuesto.....	84
Tabla 3.1 Flujo de proceso de producción de bolígrafo	85
Tabla 4.1 Clasificación ABC.....	89
Tabla 4.2 Pronósticos Modelo Promedio Móvil.....	92
Tabla 4.3 Error Pronósticos promedio móvil.....	93
Tabla 4.4 Pronósticos con Método Suavización Exponencial Simple.....	95
Tabla 4.5 Error Pronósticos Suavización Simple.....	96
Tabla 4.6 Pronósticos con Método con Tendencia.....	98

Tabla 4.7 Error Pronósticos Tendencia.....	99
Tabla 4.8 Cálculos Ct.....	101
Tabla 4.9 Pronósticos con Método de Winters.....	104
Tabla 4.10 Método de Pronósticos y Errores por artículo.....	106
Tabla 4.11 Demanda pronosticada artículo #6.....	112
Tabla 4.12 Costo total anual.....	116
Tabla 5.1 Cálculos de Ct.....	133
Tabla 5.2 Porcentaje absoluto medio del error.....	137
Tabla 5.3 Variabilidad de la demanda.....	139
Tabla 5.4 Cálculos MPS para artículo Azul1.....	141
Tabla 5.5 Tiempo de entrega de materias primas.....	142
Tabla 5.6 Presentación de materias primas.....	143
Tabla 5.7 Capacidad mensual.....	144
Tabla 5.8 Órdenes de compra de poliestireno año 2003.....	152





CAPITULO 1

1. INTRODUCCION A LOS INVENTARIOS

El inventario es el material o los suministros que se tienen para el uso o las ventas futuras. Se trata de bienes terminados que esperan el pedido de un cliente, pero también podrían ser bienes o materiales destinados a la producción de bienes terminados para el cliente, según Daniel Sipper y Robert Bulfin (1998.)

El inventario tiene sus costos de capital inmovilizado, de espacio almacenado, de manejo y obsolescencia, todos los costos de mantenimiento de inventario.

El inventario es una función de varios elementos: la incertidumbre de la demanda, el proceso, el tiempo de ciclo del proceso, especulación y protección por parte de proveedores.

1. La demanda: dependiendo del ambiente de la industria y la manufactura, es necesario tener ciertos inventarios de bienes terminados con el fin de satisfacer los pedidos del cliente con base al

tiempo. La cantidad de inventarios se define por la necesidad de satisfacer o superar el tiempo de entrega de la competencia.

2. El proceso: el proceso de producción puede tener variabilidad o incertidumbre debido a problemas de calidad, de confiabilidad en el proceso, de herramientas y de disponibilidad de recursos. Un inventario de material en proceso proporciona una existencia de seguridad contra la incertidumbre que puede desorganizar el proceso de producción.
3. Tiempo de ciclo del proceso: el inventario se requiere para equilibrar las operaciones de abastecimiento entre los proveedores y el cliente.
4. Especulación: la fluctuación en los precios del mercado puede justificar la compra de más materias primas o productos terminados que lo requerido para la demanda pronosticada.
5. Protección de proveedores: cuando existen pocos proveedores existe la posibilidad de que en algún momento no puedan proporcionar de cierto material por lo que habría que compensar esa falta de producto.

1.1. Objetivos De Los Inventarios

El objetivo del inventario es el de amortiguar el abastecimiento y la demanda, según Donald Fogarty, (1994). Este es necesario debido a las diferencias entre los tiempos entre el abastecimiento y la demanda, funciona como amortiguador entre las demandas de los

clientes y la capacidad de producción del fabricante, o entre las necesidades de ensambles finales y disponibilidad de componentes, entre los procesos de fabricación y las ofertas de materias primas.

1.2. Clasificación De Inventarios

Se pueden encontrar diferentes tipos de inventarios en una compañía. Para William Hudson (1996) estos se pueden clasificar en tres diferentes categorías:

- a) Materias primas: son adquiridas sin procesar, las cuales sufren una modificación o transformación para convertirlas en un producto final.
- b) Producto en proceso: se incluyen los materiales que han pasado por algún tipo de proceso pero que no están aún en forma terminada.
- c) Producto terminado: cubre todos los productos o bienes terminados, producidos y almacenados, que son consumidos por el cliente.

Existen inventarios adicionales tales como repuestos, distribución y suministros.

Para Daniel Sipper, (1996) los inventarios se los puede también clasificar de la manera siguiente:

- a) Inventarios de anticipación: estos permiten a una organización hacer frente por adelantado una emergencia en la demanda o a una oferta insuficiente, puede ser por cierre debido a vacaciones, períodos altos de ventas, promociones o posibles huelgas. Para justificar la adquisición de un inventario anticipado, su inversión debe ser menor que los ahorros esperados.
- b) Inventarios de tamaño de lote(cíclico): muchas veces resulta ineficaz producir o comprar artículos al mismo ritmo al cual se consumen. Se busca comprar o producir en forma intermitente los artículos en una cantidad suficiente para satisfacer la demanda relativamente estable. Si se es capaz de producir la cantidad exacta requerida se eliminan los costos de mantenimiento.
- c) Inventarios de fluctuación: en la demanda como en la oferta existen fluctuaciones. Estos se conocen como inventarios de seguridad. Permite a la organización dar servicio a sus clientes cuando la demanda de ese servicio es superior al promedio o cuando el envío de los inventarios de reabastecimiento precisa más tiempo.
- d) Inventarios de transportación: no siempre las etapas en el proceso de producción se encuentran adyacentes físicamente. Es frecuente que los componentes se fabriquen en una localidad y se embarquen hacia otra para ser ensamblados. Así mismo los

productos terminados se embarcan desde distancias considerables. Los artículos en movimiento de una etapa a la siguiente se denominan inventarios de transportación o tránsito.

- e) Inventarios de repuestos: los artículos que se mantiene en inventario como partes de refacción para equipos de operación u otras necesidades están dentro de esta categoría, las cuales tienen una clasificación separada debido a que por lo general tienen una demanda muy baja, y con frecuencia el costo de no tenerlos resulta extremadamente alto.

1.3. Costos De Los Inventarios

Aunque se pueden presentar costos diferentes en situaciones diversas, existe una estructura de costo común. William K. Hodson (1996) recomienda incluir los costos relevantes en el proceso de toma de decisiones. Cuando se considera el costo de inventario no solo implica el costo de compra del material, siempre existe un costo indirecto que suele alcanzar hasta un 50% del costo de compra. Los principales costos indirectos son:

1.3.1. Costo de adquisición

Es el costo administrativo, que incluye los costos de todas las actividades que requieren la emisión de una orden de



producción o una orden de compra. Incluye el costo de formular el pedido, preparar especificaciones, registrar el pedido, hacer el seguimiento, procesar facturas o informes y preparar el pago. Las órdenes de producción son órdenes de fabricación interna de artículos, y están en oposición a las compras. Los costos de instalación de maquinaria para las órdenes de producción también se incluyen dentro de esta categoría. Esto comprende actividades como, obtención de herramientas, montaje de maquinaria fija, recepción de instrucciones referentes al trabajo, ajustes de maquinarias, retiro de instalaciones. Los costos de mano de obra directa y de maquinaria son los componentes de los costos de instalación. Los costos de oportunidad de preparación, solo existen cuando una planta o centro de maquinaria opera a su capacidad total o cerca de ella.

1.3.2. Costo de inspección

Incluye la inspección en la recepción de todo los materiales que ingresen a la compañía sean materias primas o productos terminados, así mismo existen inspecciones durante el proceso de producción para los subensambles y de los productos terminados.



1.3.3. Costo de almacenaje

Incluye el costo del espacio físico de almacén, la seguridad y los gastos relacionados con el almacenaje, como los impuestos. Este costo puede variar dependiendo del tipo y cantidad de material almacenado así como el tipo de instalación y el espacio requerido.

1.3.4. Costo de manejo

Todo manejo, mudanza y transporte de materiales equivale a un costo, que incluyen los salarios del personal que participa en estas operaciones.

1.3.5. Costo de obsolescencia

Puede llegar a transformarse un inventario en partes obsoletas debido a cambios en los modelos, presentaciones o nuevos productos.

1.3.6. Costo de seguros

Este es directamente variable debido a que se lo paga de acuerdo a un valor proporcional al valor del inventario. Puede variar según el tipo de sistema de seguridad y las instalaciones

1.3.7. Costo de desabasto

Se presenta una insuficiencia para abastecer la demanda, sea esta de producto terminado, en proceso o materias



primas, siempre que existe un inventario insuficiente. Cuando se pierde la venta existe la pérdida de la posible utilidad más la pérdida de la contribución a los costos de los gastos generales. La frecuente incapacidad para enviar los pedidos de una manera competitiva puede generar para la empresa una reputación de entregas deficientes, pérdida del prestigio y de ventas.

1.4. Medidas De Desempeño

La administración de inventarios es un proceso de ciclo cerrado que consiste en establecer objetivos, diseñar planes de acción, distribuir recursos, implantar planes y al final medir los desempeños a fin de proporcionar retroalimentación para efectuar las acciones correctivas necesarias. Existen diversas formas de realizar esta medición según William K. Hodson (1996), tal como obtener el nivel del servicio al cliente, exactitud del inventario, la inversión en el inventario y la rotación de inventario.

Servicio al cliente:

Desde el punto de vista operativo, el servicio al cliente es el término utilizado para describir la disponibilidad de artículos cuando el cliente

los necesita. El inventario sería básicamente una entidad de servicio, si este satisface la demanda el servicio es perfecto de otra forma hay problemas con el servicio al cliente. Existe una infinidad de formas para medir el nivel del servicio al cliente. Se pueden dividir en medidas porcentuales o de valores absolutos. Se los deberá comparar con un estándar, posiblemente el desempeño en un periodo similar previo.

Las mediciones de tipo porcentual incluyen:

1. Pedidos embarcados vs. programa de entregas de la empresa
2. Unidades totales entregadas vs. unidades de programa de entregas
3. Valor monetario de unidades entregadas vs. valor monetario de unidades programadas

Las mediciones con valores absolutos

1. # de días con órdenes con faltantes
2. # de días de artículos de línea con faltantes
3. # de días con artículos totales con faltantes en unidades
4. # de días con artículos totales con faltantes en valor monetario



Exactitud del inventario:

Esta medida indica la exactitud de los saldos de inventario disponible. Los saldos que se muestran en los registros del inventario se comparan con las cantidades reales disponibles por lo menos una vez al año por medio del conteo físico de todos los artículos.

$$\text{Exactitud del inventario} = \# \text{ registros correctos} \times 100 / \# \text{ artículos del inventario contados}$$

Inversión en inventarios:

La inversión en inventario se puede medir a partir de un dato pasado, actual o un futuro proyectado. Se pueden utilizar medidas absolutas de la inversión, comparando los niveles actuales con los señalados en el presupuesto. De igual forma se puede utilizar mediciones relativas, tales como la Tasa de Reposición de Inventario (ITR), que se calcula de la manera siguiente:

$$ITR = \frac{\text{Costos - de - ventas}}{\text{Inversiones - en - inventario}}$$

Rotación de inventarios (ITO):

Es la relación entre el costo anualizado de los artículos vendidos y el costo del inventario promedio disponible, por un periodo

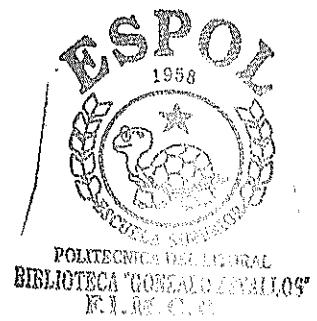


determinado. Puede calcularse para cada categoría del inventario o para el inventario total.

$$ITO = \frac{\text{inventario promedio disponible}}{\text{Costo de ventas}} \times 365 \text{ días}$$

Conclusiones:

Los inventarios forman una parte primordial en una compañía debido a que estos significan una gran cantidad de inversión para una organización. El objetivo principal del inventario es el amortiguar el abastecimiento y la demanda debido a las diferencias entre los tiempos de producción o de entrega de los proveedores. Es importante determinar los diferentes costos que implica mantener un inventario y necesario obtener mediciones que demuestren que las cantidades de inventario son las adecuadas para la organización.



CAPITULO 2

2. PLANEACION DE INVENTARIOS

Mejorar el control y la planeación del inventario es un objetivo primordial de cada compañía para controlar la inversión, mejorar el flujo de efectivo y aumentar las utilidades el rendimiento sobre la inversión y maximizar la satisfacción del cliente según Daniel Sipper, (1998.)

Un sistema de Planeación de inventarios ofrece numerosas ventajas tales como:

- Reduce los inventarios y sus costos, porque maneja sólo aquellos artículos y componentes que se necesitan.
- Al mirar hacia el futuro para asegurar que todos los materiales estén disponibles cuando se necesiten para la integración del producto.
- Al establecer fechas realistas para la terminación de las órdenes de trabajo, logra que los trabajos sean hechos a tiempo.

- Las promesas de cumplimiento de una fecha se cumplen y los tiempos de espera en la producción se acortan.

Para Donald Fogarty, (1994) la naturaleza del patrón de la demanda determina lo apropiado de un sistema de administración de inventarios por lo que es importante definir los dos tipos de demanda que existen:

Demandas independientes: la demanda de productos finales provenientes del mercado, tales como bienes terminados, está conducida por tendencias y patrones estacionales que son independientes de las decisiones de la compañía, no depende de la demanda de otros artículos.

Este tipo de demanda suele provenir de los pedidos de los pedidos que se reciben a lo largo de cualquier periodo. La demanda hace descender el inventario hasta que alcanza el punto de reorden y entonces se coloca y se recibe un pedido de reemplazo tal como lo indica la figura 2.1.

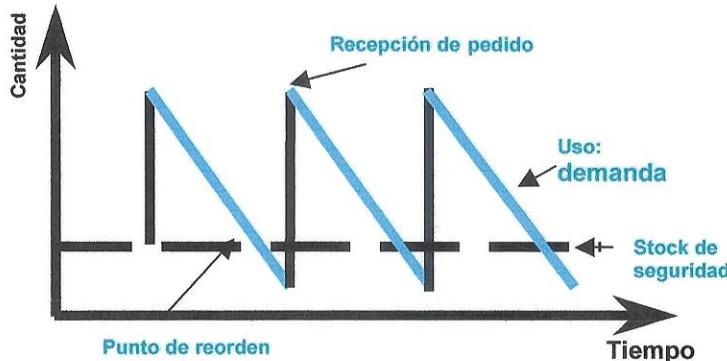


Figura 2.1 Demanda Independiente

Demanda dependiente: los subensambles, las partes componentes y las materias primas dependen principalmente de la demanda que tengan los productos finales. El inventario se planifica para satisfacer los requerimientos específicos de producción, debido a que la demanda existe solo en el momento en se lleva a cabo el siguiente nivel superior de ensamble y los requerimientos de materiales del nivel inferior se calculan sobre la base de la fabricación del producto terminado. En la figura 2.2 se muestra el patrón de la demanda dependiente.

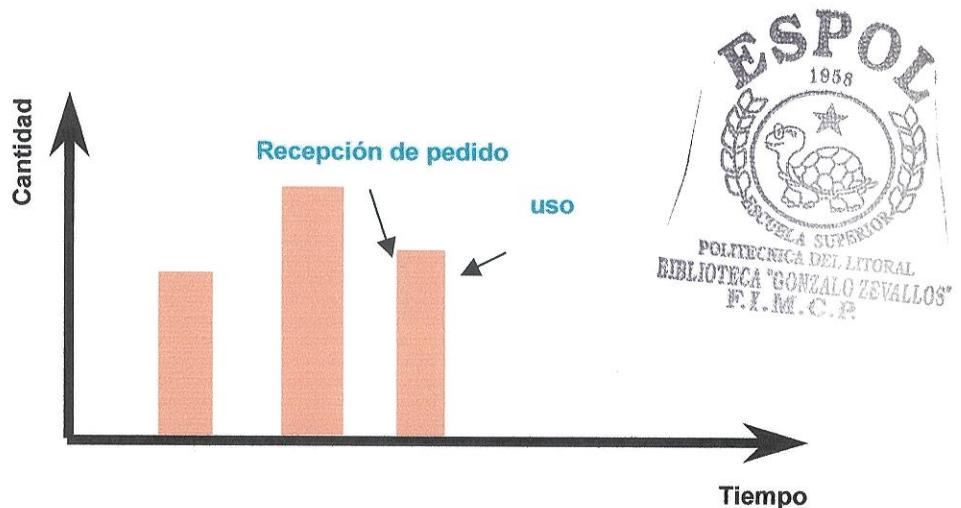


Figura 2.2 Demanda dependiente

La planeación de inventarios empieza al proyectar los requerimientos o demandas de la compañía con respecto a los inventarios futuros. Como lo indica Daniel Sipper (1998) existen tres marcos de tiempo que se deben

considerar: largo, mediano y corto plazo. Para cada marco de tiempo existe un nivel de planeación tal como lo indica la tabla 2.1

NIVEL DE PLANEACIÓN	FUNCIÓN DE PLANEACIÓN	HORIZONTE DE PLANEACIÓN
Planeación de alta dirección	Planeación de la demanda de los bienes terminados	Largo plazo: 1-3 años
Planeación de la administración de operaciones	Mezcla de productos, materiales y capacidad disponibles	Mediano plazo: 1-3-6 meses
Ejecución de la administración de operaciones	Programación de entrega y de producción en detalle	Corto plazo: semanas, días

Tabla 2.1 Nivel de Planeación

Las actividades para administración de inventarios se inician con la selección del sistema apropiado (reglas de decisión sobre cuanto ordenar y cuando emitir una orden) para los diferentes artículos. Se señala en la tabla 2.2 los diferentes métodos básicos:

<i>Demanda</i>	<i>Reglas de Cuando Ordenar</i>	<i>Reglas de Cantidad por Orden</i>
Independiente	Punto de orden	Cantidad de orden fija
		Cantidad de orden económico
	Periódica	Cantidad de orden variable
	Punto de orden con fase en el tiempo	Cantidad de orden fija
Dependiente	Fase en el tiempo	Cantidad de orden discreta

Tabla 2.2 Métodos Básicos de Reglas de Decisión

2.1. Pronósticos de la demanda

Los pronósticos proveen información para la toma de decisiones.

Los pronósticos de ventas, calidad de materiales, ingresos, gastos, uso de energía o los tiempos de llegada de los clientes son una necesidad común en las empresas. Para Donald Fogarty, (1994), la importancia de estos constituye el fundamento de la elaboración de propuestas y de la planeación operativa en todos sus departamentos (marketing, producción y finanzas.)

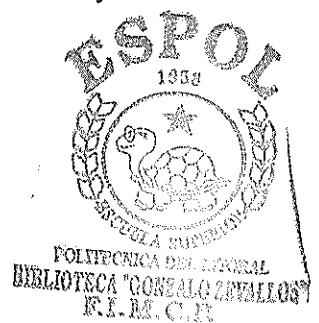
El primer paso, según Daniel Sipper, (1998), es identificar la decisión que se muestra como la necesidad del pronóstico en la figura 2.3 del diseño de un sistema de pronósticos. Se examinan las



características del problema y se analizan los datos, si son disponibles. Los datos pueden venir de los registros de la empresa.

Si no existen datos se los debe recolectar o se puede utilizar un enfoque que no los requiera: un enfoque cualitativo. Entre los pronósticos cualitativos están las investigaciones de mercado, que consisten en una encuesta que debe contener preguntas cuyas respuestas proporcionen la información necesaria para determinar un pronóstico. Otro método sería el Delphi, que consiste en reunir un comité de "expertos" con un facilitador, que es quien escribe los cuestionarios y analiza los resultados.

Una serie de tiempo es una lista cronológica de datos históricos. Métodos de pronósticos con base en series de tiempos son más útiles cuando las fuerzas del mercado son relativamente estables dentro del horizonte de los pronósticos. Es decir, que si las tendencias de ventas no tienen probabilidad de variación debido a cambios económicos acciones de marketing o tecnologías, estos modelos tienen la posibilidad de ser razonablemente precisos. Existen varios modelos de series de tiempos, que incluyen modelo constante, de tendencia y estacional:



Pronósticos de último valor: uno de los métodos más sencillos de utilizar el último dato como pronósticos para el siguiente periodo. Sea T el periodo actual, d_T la demanda histórica en el periodo T y F_{T+k} el pronóstico en el tiempo T para k periodos futuros.

$$F_{T+k} = d_T$$

Este método tiene la desventaja de ser impreciso ya que se basa en un solo dato.

Pronóstico por promedio: este método obtiene el promedio de todas las observaciones como el pronóstico para el siguiente periodo.

$$F_{T+k} = \sum_T^{i+k} \frac{d_i}{T}$$

Esta estimación es excelente si el proceso es muy estable, por eso no es conveniente utilizarlo en periodos muy largo debido a que las condiciones van cambiando a través del tiempo.

Promedio móviles: este obtiene el promedio de datos de los últimos n periodos como el pronóstico para el siguiente periodo:

$$F_{T+k} = \sum_T^{iT-n+k} \frac{d_T}{n}$$

Suavización exponencial: es un método que utiliza de forma eficiente toda la información pasada. Todos los valores de demanda previos están contenidos en cada pronóstico. Un parámetro “constante de suavizamiento” se ajusta de manera que se pueda obtener mayor o menor peso a los valores de demanda más recientes. La ecuación de suavizamiento exponencial se define como:

$$F_{T+1} = F_T + \alpha(d_T - F_T)$$

$$F_{T+1} = F_T + \alpha d_T - \alpha F_T$$

$$F_{T+1} = \alpha d_T + (1 - \alpha) F_T$$



Donde F_T = pronóstico para el periodo T

F_{T+1} = pronóstico para el periodo $T+1$

d_T = demanda durante el periodo T

α = constante de suavizamiento, $0 \leq \alpha \leq 1$, al ajustar la constante se permite variar el grado en que el modelo de pronóstico responde a las fluctuaciones de la información. El uso de una constante cercana a 1 da como resultado un pronóstico que da mayor peso a los datos recientes.

Modelo con tendencia lineal: se utiliza cuando se tiene una serie de tiempo con tendencia lineal de fluctuaciones aleatorias. Una

estimación de la pendiente daría la diferencia entre las demandas en dos períodos sucesivos. Usando suavizamiento exponencial la estimación del promedio en el periodo T es S_T de modo que la estimación de la pendiente en el tiempo T sería:

$$B_T = (S_T - S_{T-1})$$

El conjunto de ecuaciones siguientes representa la estimación de la tendencia:

$$S_T = \alpha d_T + (1-\alpha)(S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$B_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

Donde el pronóstico estará dado por:

$$F_{T+k} = S_T + kB_T$$

Siendo α y β las constantes de suavización.

Proceso estacional Método de Winters: este método considera tres factores. El modelo a utilizar es el siguiente:

$$d_t = (a+bt) c_t + \epsilon_t$$

Donde a = porción constante, b = pendiente de la componente de tendencia, c = factor estacional para el periodo t , ϵ_t = aleatoriedad.

Este método consiste en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar los pronósticos. Se calcula el promedio para cada una de las dos últimas estaciones de datos $\overline{d_m}$ y $\overline{d_{m-1}}$, sea L la

duración de la estación con m estaciones de datos disponibles. Se tienen $T = mL$ datos.

$$\overline{d}_i = \frac{\sum_{t=(i-L)L+1}^{iL} d_T}{L}$$

Se calcula B_T

$$B_T = (\overline{d}_m - \overline{d}_{m-1})/L$$

Se calcula el promedio global

$$\overline{D} = \left(\frac{1}{T} \right) \sum_{t=1}^T d_T$$

Y se calcula S_T

$$S_T = \overline{D} + \frac{(T-1)B_T}{2}$$

Se calculan los factores estacionales:

$$C_t = \frac{\left(\frac{1}{m} \right) \sum_{i=0}^{m-1} (d_{t+iL} - \overline{d}_m)}{(S_T - [T - (t - iL)]) B_T} \quad t = T-L+1, T-L+2, \dots, T$$

Cuando se obtiene un nuevo dato se hace $T = T+1$ y se actualizan los parámetros de los pronósticos con:

$$S_T = \alpha (d_T / C_{T-L}) + (1-\alpha) (S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$B_T = \beta (S_T - S_{T-L}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

$$C_T = \gamma (d_T / S_T) + (1-\gamma) C_{T-L}$$



Para pronosticar k periodos futuros se usa

$$F_{T+k} = (S_T + kB_T) C_{T+k-gL}$$

Donde g es el entero más pequeño mayor o igual que k/L .

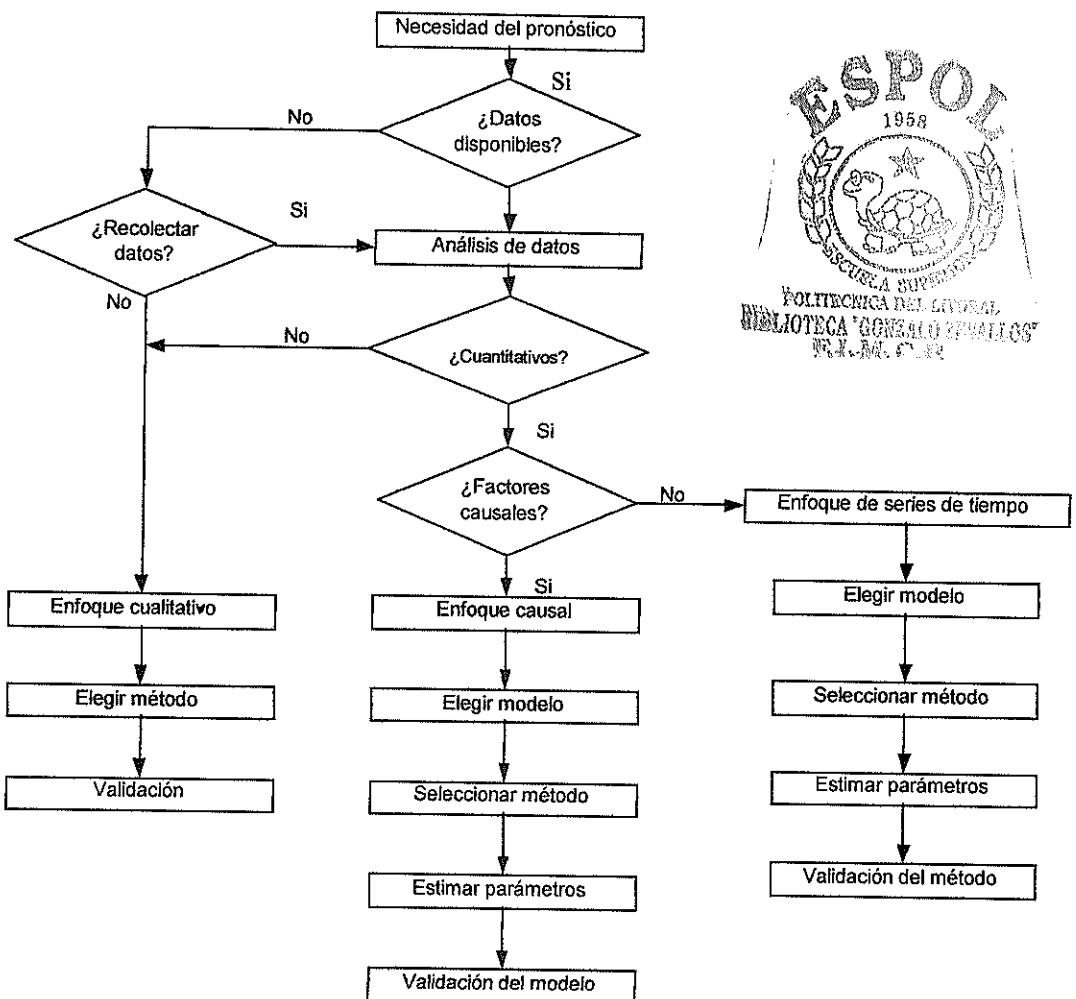


Figura 2.3 Diseño de modelo de pronóstico

2.2. Análisis ABC

El análisis ABC o de Pareto es una herramienta que sirve para separar lo "vital" de lo "trivial", según William K. Hudson, (1996.) Es común que en los sistemas de inventarios se tengan unos cuantos artículos que representen una gran cantidad de dinero, esta característica permite realizar un balance entre la inversión y el control.

Para Donald Fogarty (1994), la aplicación de este principio comprende:

1. Clasificar los artículos del inventario sobre la base de una importancia relativa.
2. Establecer diferentes controles de administración para las distintas clasificaciones de acuerdo a la importancia concedida a cada clasificación.

Las letras A, B, C representan clasificaciones diferentes de importancia descendente. Los criterios para la clasificación deben reflejar la dificultad para controlar cierto artículo y el impacto de este sobre los costos y la rentabilidad. Por lo general, para el análisis ABC se utiliza el criterio del consumo anual en dinero de un artículo, pero existen otros factores que afectan la importancia tales como:



- Costo unitario
- Escasez de material utilizado para la fabricación de los artículos
- Disponibilidad de los recursos, fuerza de trabajo
- Tiempo necesario para su obtención
- Requerimientos de almacenamiento para el artículo
- Riesgos de robos, en estante y otros atributos importantes
- Costo de la escasez del artículo

El procedimiento a seguir para un correcto análisis con respecto al consumo anual en dinero es el siguiente:

1. Determinar el consumo anual de cada artículo en el inventario
2. Multiplicar el consumo anual de cada artículo por el costo del mismo, para obtener el empleo monetario anual de cada artículo
3. Sumar los consumos anuales de todos los artículos para determinar el consumo total del inventario
4. Dividir el consumo monetario anual de cada artículo para el consumo total de todos los artículos para determinar la representatividad con respecto al inventario consumido.
5. Ordenar los artículos de mayor a menor de acuerdo al porcentaje de consumo.
6. Obtener el porcentaje de consumo acumulativo de cada artículo.



7. Determinar los productos A, B y C por medio de los porcentajes acumulativos.

2.2.1. Objetivos Del Método ABC

El objetivo de este método es establecer procedimientos apropiados de planeación y control para cada clase de inventarios. Por lo general el 20% de los artículos corresponden al grupo A, que equivalen al 80% del consumo total del dinero, los artículos B serán los que representen el 15% del consumo total que serán un 30% de los artículos, y el 50% de los artículos que representen el 5% del consumo total serán categorizados C tal como lo indica la figura 2.4

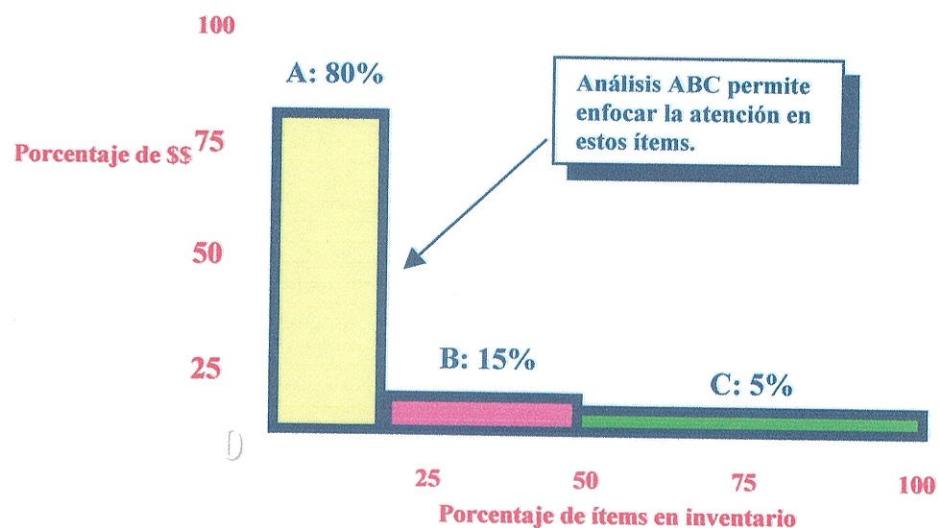


Figura 2.4 Clasificación ABC

Se deben analizar métodos de control para cada artículo, para los artículos A se podrían utilizar controles como:

1. Evaluación frecuente de los pronósticos y de los métodos para pronosticar.
2. Contabilidad cíclica frecuente de los inventarios, posiblemente mensual.
3. Actualización diaria de registros
4. Revisión frecuente de los requerimientos de demanda, generalmente da como resultados cantidades a ordenar relativamente pequeñas.
5. Seguimiento estricto para reducir el tiempo de entrega.

Para artículos B:

Son similares a los controles para los artículos A, pero aquí la mayor parte de los controles de actividad tiene lugar con menos frecuencia ya que no tienen la importancia monetaria que tienen los artículos clasificados A.

Para artículos C:

6. La regla básica es tenerlos.
7. Se llevan registros sencillos
8. Cantidades grandes de orden.
9. Se cuentan los artículos en inventario con poca frecuencia (anual o semestralmente).



2.2.2. Porque Utilizar El Método ABC

El análisis de Pareto revela los "pocos vitales" artículos, permitiendo un enfoque detallado. La clasificación del ABC permite a todas las compañías llevar sus principales productos a un estándar de producción de alto volumen/ alta frecuencia empujando productos que signifiquen poca utilidad. Este análisis permite a las compañías maximizar la productividad de sus inventarios y la rentabilidad. Este se logra aplicando metodologías que mejor exploten el impacto en cada producto de la organización. Productos de alto volumen/ alta frecuencia son producidos con respecto a la velocidad, en cambio productos que retornan un pequeño valor en dinero son inventariados de acuerdo a estándares de cantidad. Con este método se pueden crear las políticas de inventario necesarias para saber cuanto y cuando ordenar y para saber cual será el mejor método de control a utilizar. Para los artículos del grupo C comprar un alto nivel de servicio no resulta costoso, se podrá invertir en inventario de seguridad y se controlan en masa. Para los artículos del grupo A en cambio comprar un alto nivel de servicio resulta muy costoso, se debe reducir la inversión en inventario de



seguridad, y el nivel de control es más estrecho y los artículos se deberán controlar en forma individual. Para los artículos B se puede utilizar los mismos métodos para los artículos A pero con un control menos estricto.

2.3. Planeación De Inventarios Con Demanda Independiente

Un sistema de inventarios es un conjunto de políticas y controles que supervisa los niveles de inventario para minimizar su costo y maximizar la satisfacción del cliente. El elemento principal que afecta el inventario es la demanda, y es una variable incontrolable. Existen tres factores en un sistema de inventarios, según Donald Fogarty, (1994), llamados variables de decisión, que se pueden controlar:

- Decisiones de variedad: que ordenar
- Decisiones de cantidad: cuánto ordenar
- Decisiones de tiempo: cuando ordenar

Estas decisiones se toman usando dos políticas de inventarios conocidas como método de punto de reorden o continuo y método periódico.

2.3.1. Método de punto de reorden

Para Daniel Sipper, (1998), en el sistema de revisión continua el nivel del inventario se controla continuamente, y



el pedido se genera en el momento en que los inventarios decrecen hasta una cierta magnitud o punto de reorden R .

Si se respetan las hipótesis en las que se basa el modelo EOQ (lo que establece que el plazo o periodo de reposición [leadtime] es nulo), el punto de pedido sería cuando el nivel de inventarios fuera igual al stock de seguridad, tal como lo indica la figura 2.5.

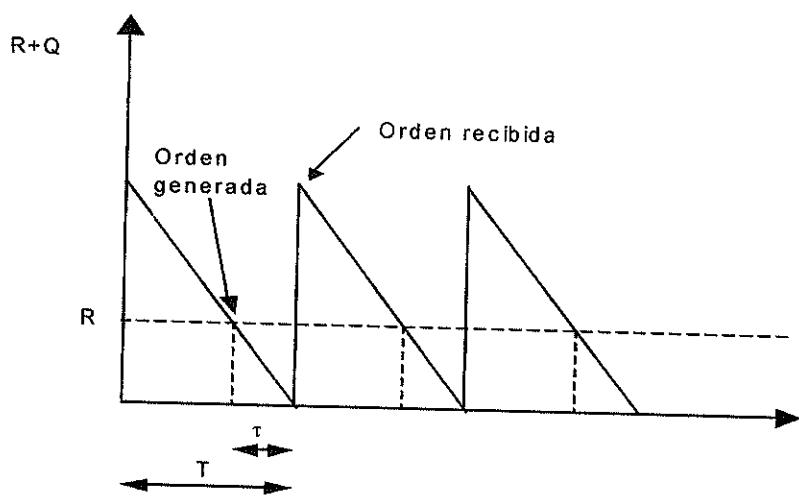


Figura 2.5 Punto de reorden

Donde T : tiempo de ciclo, τ : tiempo de entrega

En un caso más general, con el periodo de reposición no nulo, el punto de pedido sería cuando el nivel de inventarios fuera igual a la suma del stock de seguridad, que dependerá de la política del nivel de servicio que se utilice, más la



demandas que habría que atender durante el periodo de reposición. Es decir:

Punto de pedido = demanda durante periodo de reposición + stock de seguridad

$$R = D\tau + Ss$$

Siendo el valor del stock de seguridad representado por la siguiente ecuación según Donald Fogarty, (1994):

$$Ss = EMA * SF$$

Siendo EMA = Error Medio Absoluto y SF el factor de seguridad que se deriva de una lista de valores de Z de una distribución normal, solo multiplicando el valor correspondiente de Z por 1.25. Los valores de los factores de seguridad con diversos valores de F(z) como nivel de servicio se muestran en la tabla 2.3

VALORES Z	NIVEL DE SERVICIO	SF
1.28	0.90	1.60
1.65	0.95	2.06
2.05	0.95	2.56
2.33	0.99	2.91
3.00	0.9986	3.75
4.00	0.9999	5.00

Tabla 2.3 Valores SF



2.3.2. Método Periódico

En el caso de los modelos de reaprovisionamiento periódico se genera una orden de pedido cada cierto tiempo previamente establecido (una vez por semana, o una vez por mes), denominado periodo de revisión T . La cantidad a pedir en ese momento será la que restablece un cierto nivel máximo de existencias.

Este modelo de reaprovisionamiento tiende a utilizarse cuando existen demandas reducidas de muchos artículos y resulta conveniente unificar las peticiones de varios de ellos en un solo pedido para reducir los costos de ordenar o para obtener descuentos por volumen.

El nivel objetivo de existencias sería, aquel que garantiza los suministros durante el periodo de revisión. Es decir, la demanda prevista en dicho periodo mas un stock de seguridad asociado a dicho periodo. La cantidad a pedir en cada uno de los momentos preestablecidos sería la diferencia entre el stock existente y el stock objetivo, como lo muestra la figura 2.6



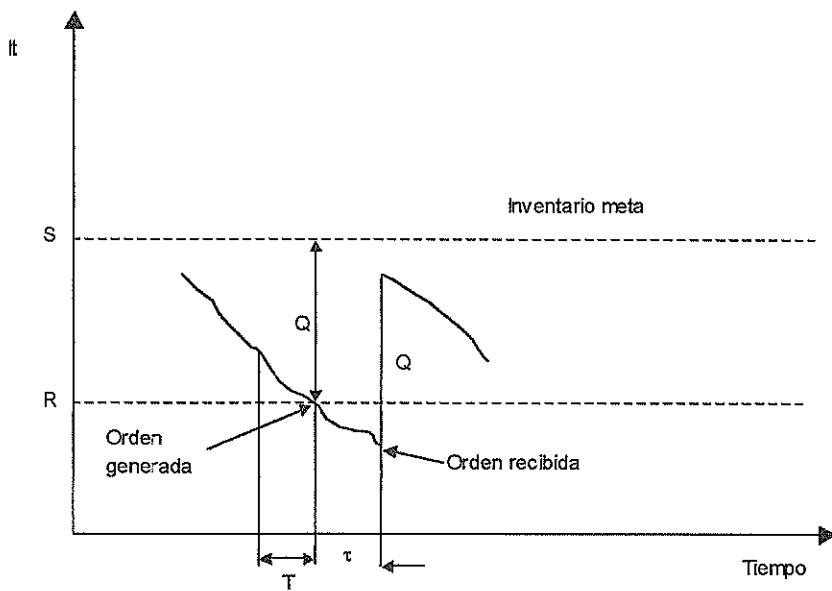


Figura 2.6 Método Periódico

Si se añade el supuesto de que el periodo de reposición no es nulo, el nivel objetivo antes calculado habría que sumarle la demanda prevista durante el plazo de reposición debido a que si solamente se solicita en el momento de la revisión la diferencia entre el stock existente y el stock objetivo antes definido, en el momento de la reposición del pedido, algunos días o semanas después, no llegaría a alcanzar dicho objetivo. El periodo de revisión puede coincidir con una unidad de tiempo exacta (día, semana, mes, trimestre), si no fuera de esta forma, habría que adecuar la revisión.



Según Daniel Sipper (1998), cuando se utiliza el modelo de reaprovisionamiento periódico los costos del inventario suelen ser superiores a los costos del modelo de punto de reorden y solo se aplicaría este método cuando sea muy difícil o caro seguir el seguimiento continuo de los inventarios.

2.3.3. Reglas del pedido

A la pregunta de "¿Cuanto debe ordenarse?" la respuesta más conocida es la famosa "Formula del modelo de Wilson" para la determinación del lote económico de compras (LEC) o, en inglés, economic order quantity (EOQ).

Estrictamente el modelo de Wilson se formula para la categoría de modelos de aprovisionamiento continuo, con demanda determinista y constante, con los siguientes supuestos respectivos, este modelo es uno de los más utilizados en la industria y sirve como base para otros modelos más elaborados:

- Existe un solo artículo en el sistema de inventario
- La demanda es uniforme y el monto es D unidades por unidad de tiempo-día, semana, mes o año.



- No se permiten faltantes.
- Toda la cantidad ordenada llega al mismo tiempo, el reabastecimiento es instantáneo.
- Los costos de preparación y los costos totales de mantenimiento son constantes y conocidos.

En estas circunstancias el razonamiento de Wilson es el siguiente:

La variable de decisión para este modelo es "Q", el número de unidades a ordenar. Los parámetros de costo se conocen y son los siguientes:

- c = costo unitario (\$/unidad)
- i = costo total anual de mantenimiento (% por año)
- $h = ic$ = costo total anual de mantenimiento (\$ por unidad por año)
- A = costo por ordenar (\$/ orden)

También se definen:

- D = demanda por unidad de tiempo
- T = longitud del ciclo, el tiempo que transcurre entre la colocación o recepción de órdenes.



- $K(Q) = \text{costo total anual promedio como una función del tamaño del lote } Q$
- $It = \text{inventario disponible en el tiempo } t$

El concepto básico de este modelo es crear un balance entre estos dos costos opuestos, los costos de ordenar y los costos de almacenar, y se logra minimizando $K(Q)$. Observando la figura 2.7 se puede obtener la siguiente relación:

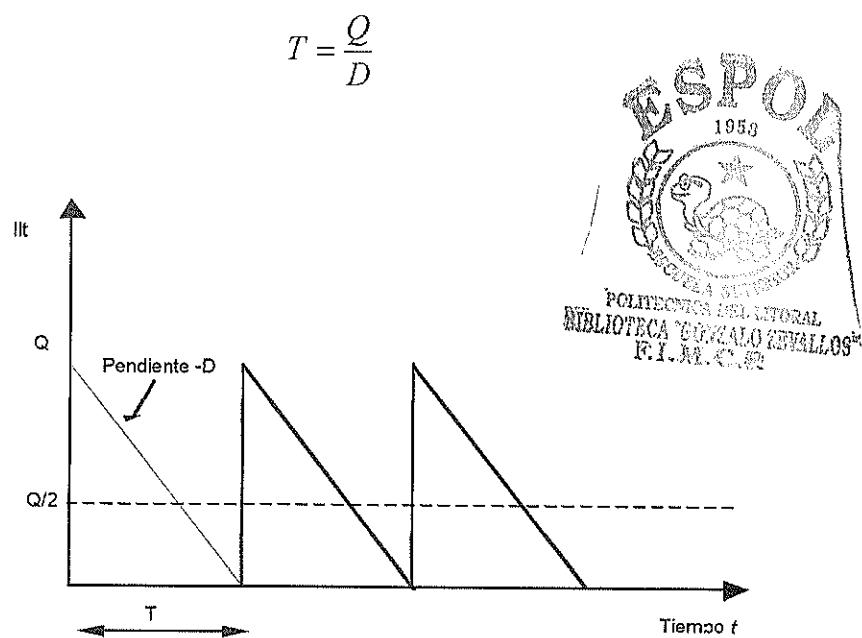


Figura 2.7 Modelo EOQ

Existen tres tipos de costos: costo de compra, costo de ordenar y costo de mantener el inventario. Para cada ciclo los costos son:

- Costo de compra = cQ
- Costo de ordenar = A
- Costo promedio de mantenimiento = $icTQ/2 = hTQ/2$

El costo promedio por ciclo equivale a:

$$K = cQ + A + hTQ/2$$

Para obtener el costo promedio anual $K(Q)$ se multiplica el costo promedio por ciclo por el número de ciclos que es $1/T$.

Se obtiene:

$$K(Q) = cQ/T + A/T + hQ/2$$

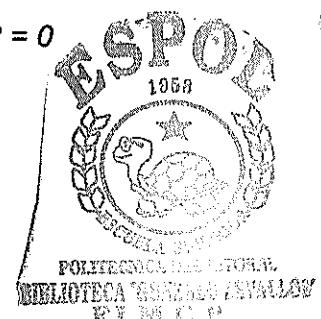
Como $1/T = D/Q$, el costo total anual promedio es

$$K(Q) = cD + AD/Q + hQ/2$$

Resolviendo la siguiente ecuación se minimiza $K(Q)$:

$$K'(Q) = dK(Q) / dQ = -AD/Q^2 + h/2 = 0$$

Obteniendo:



$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

Siendo Q^* la cantidad económica a ordenar o EOQ.

Existen casos donde la demanda no es uniforme o regular por lo que se debe calcular la cantidad a ordenar con otros métodos tales como los indica Daniel Sipper, (1998). Estos se dividen en los métodos simples y los heurísticos:

Métodos Simples:

- 1. Demanda de Periodo Fijo:** equivale a ordenar "m" meses de demanda futura. Por ejemplo si se quiere ordenar para la demanda de dos meses, se suman las demandas pronosticadas para los dos meses y esta es la cantidad a ordenar.
- 2. Cantidad a ordenar para el periodo:** el tamaño de lote promedio que se busca se divide entre la demanda promedio y se obtiene el periodo fijo
- 3. Lote por lote:** la cantidad a ordenar es siempre la demanda de un periodo.



Métodos Heurísticos: son métodos que están dirigidos al logro de una solución de más bajo costo.

1. Método Silver- meal: este método considera ordenar para varios periodos futuros m . Los valores A y h son los costos por ordenar y costo de capital. La demanda futura para los siguientes periodos n esta dada por:

$$(D_1, D_2, \dots, D_n)$$

Sea $K(m)$ el costo variable promedio por periodo si la orden cubre m periodos. Si se ordena D_1 , para cubrir la demanda en el periodo 1, se obtiene

$$K(1) = A$$

Si se ordena $D_1 + D_2$, en el periodo 1 para cumplir la demanda de los periodos 1 y 2 se obtiene

$$K(2) = (1/2) (A + h D_2)$$

Y en general

$$K(m) = (1/m) (A + h D_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)h D_m)$$

Se calcula $K(m)$, $m = 1, 2, \dots, m$, y se detiene cuando

$$K(m+1) > K(m)$$

Y la cantidad a ordenar en el periodo 1 es

$$Q_1 = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_m$$

2. Costo Unitario mínimo: es similar al anterior pero se diferencian en que la decisión se basa en el costo variable promedio por unidad en lugar por periodo. Sea $K'(m)$ el costo variable promedio por unidad.

$$K'(1) = A / D_1$$

$$K'(2) = (A + h D_2) / (D_1 + D_2)$$

Y en general,

$$K'(m) = (A + h D_2 + 2h D_3 + \dots + (m-1) h D_m) / (D_1 + D_2 + \dots + D_m)$$

La regla de detención es:

$$K'(m+1) > K'(m)$$

$$Q_1 = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_m$$



3. Balanceo de periodo fragmentado: este método minimiza la suma del costo variable para todos los períodos. Sea PF_m el periodo fragmentado para m períodos.

Así,

$$PF_1 = 0$$

$$PF_2 = D_2$$

$$PF_3 = D_2 + 2D_3$$

$$PF_m = D_2 + 2D_3 + \dots + (m-1)D_m$$

El costo de mantener el inventario es $h(PF_m)$, y se requiere seleccionar el horizonte de pedidos m que cubra el costo de ordenar A , esto es elegir m tal que,

$$A \leq h(PF_m)$$

$$PF_m \leq A/h$$

Siendo el tamaño de la orden:

$$Q_1 = D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_m$$

2.4. Planeación De Inventarios Con Demanda Dependiente

La demanda independiente se pronostica, mientras que la dependiente se planea. La planeación de la demanda dependiente se presenta a través del proceso planeación-producción. La



producción tiene una estructura jerárquica que va desde las estimaciones de la demanda a través del programa maestro de producción a la planeación de requerimientos de materiales o MRP. El MRP es un sistema para planear y programar los materiales que se requieren para las operaciones de producción. También proporciona resultados, tales como: las fechas límite para los componentes, las que posteriormente se utilizan para el control de bodega. Una vez que estos productos del MRP están disponibles, permiten calcular los requerimientos de capacidad detallada para los centros de trabajo en el área de producción.

La diferencia fundamental entre las técnicas de punto de reorden y las del MRP, según William Hudson, (1996) es la fase del tiempo. Las fases de tiempo permiten que las demandas independientes actuales y las pronosticadas, impulsen las demandas de componentes en el momento adecuado.

La mayor ventaja durante la planeación es la habilidad para evaluar la factibilidad y los requerimientos de distintos planes de producción. Con esto se puede prometer una fecha de entrega más confiable. El MRP es un "plan de materiales" en términos de cantidades por intervalos y se transforman en un "presupuesto por intervalos". Con



esto se puede hacer ajustes al plan de presupuestos de materiales implantando una política de inventarios.

El MRP también juega un papel en el control y reducción de inventarios debido a que identifica los faltantes y los excedentes en el futuro. Cuando se identifican faltantes se realizan correcciones para acelerar órdenes existentes, de forma similar cuando hay excedentes se pueden retrasar o cancelar órdenes existentes.

2.4.1. Sistemas MRP

Para William Hudson (1996), el principal objetivo de la Planeación de requerimientos de Materiales o MRP es generar los requerimientos de componentes y materia prima por etapas. El MRP examina la relación de ensamblaje de un producto final en proceso y las piezas que los componen.

Todos los sistemas MRP comparten un objetivo común: el determinar los requerimientos (bruto y neto), es decir la demanda para cierto periodo para cada artículo del inventario para generar las órdenes de compra y las órdenes de producción.

Pero además, los sistemas MRP están concebidos para proporcionar lo siguiente:

- ❖ **Disminución de inventarios:** El MRP determina cuántos componentes de cada uno se necesitan y cuándo hay que llevar a cabo el Plan Maestro. Permite que el gerente adquiera el componente a medida que se necesita, por tanto, evita los costos de almacenamiento continuo y la reserva excesiva de existencias en el inventario.
- ❖ **Disminución de los tiempos de espera en la producción y en la entrega:** El MRP identifica cuáles son los materiales y componentes que se necesitan (cantidad y ritmo), disponibilidad, y qué acciones (adquisición y producción) son necesarias para cumplir con el tiempo límite de entrega.
- ❖ **Obligaciones realistas:** Las promesas de entrega realistas pueden reforzar la satisfacción del cliente. Al emplear el MRP, el departamento de producción puede darle a mercadotecnia y ventas la información oportuna sobre las probables fechas de entrega a los clientes en perspectiva.



❖ **Incremento en la eficiencia:** El MRP proporciona una coordinación más estrecha entre los departamentos y los centros de trabajo a medida que la integración del producto avanza a través de ellos. Por consiguiente, la producción puede proseguir con menos personal indirecto, tales como los expedientes de materiales, y con menos interrupciones no planeadas en la producción, porque la base de MRP es tener todos los componentes disponibles en tiempos adecuadamente programados. La información proporcionada por el MRP estimula y apoya las eficiencias en la producción.

Tres elementos fundamentales de información son determinantes en el sistema MRP, según Daniel Sipper, (1998)

- Un Programa Maestro de Producción (MPS)
- Un archivo de la Lista de Materiales del Inventario (BOM)
- Un archivo del status real del Inventario

La figura 2.8 muestra un esquema básico del MRP.



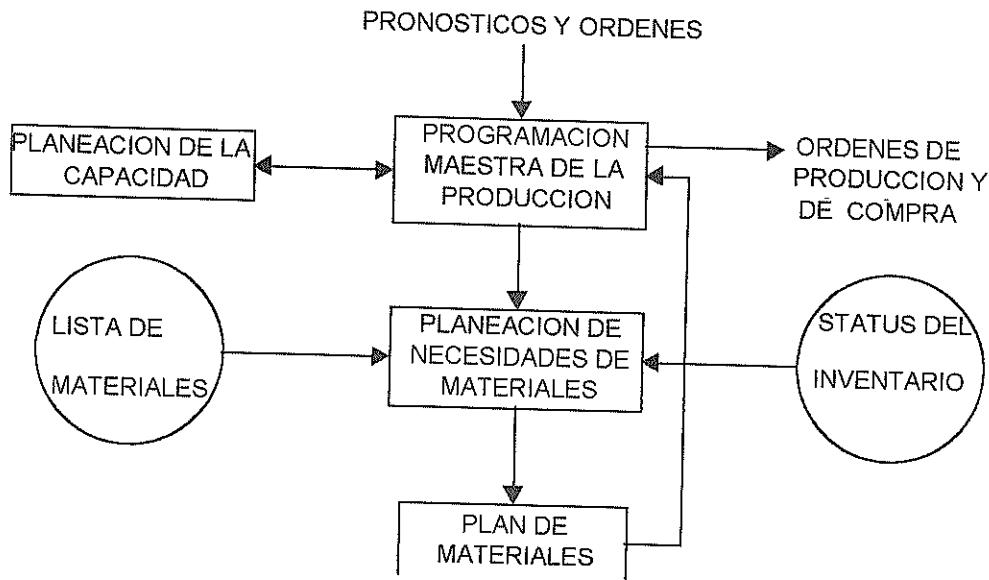


Figura 2.8 Esquema Básico del MRP

Usando estas tres fuentes de información, la lógica de procesamiento del MRP proporciona tres tipos de resultados de información sobre cada uno de los componentes del producto.

- Requerimientos para emitir las órdenes
- Nueva programación de las órdenes
- Órdenes planeadas.

Programa Maestro De Producción (MPS):

Un plan de producción específico las cantidades de cada producto final, subensambles y partes que se necesitan en

distintos puntos del tiempo. Dos requerimientos para generar un plan de producción son las estimaciones de demanda del producto final y un plan maestro de producción (MPS) que se usa para crear un plan de producción detallado.

El MPS, es el impulsador del sistema MRP, inicia a partir de recibir todas las solicitudes y pedidos de los clientes de la empresa y los pronósticos de la demanda anterior al inicio del MRP; los cuales llegan a ser un insumo del sistema. Diseñado para satisfacer la demanda del mercado, el MPS identifica, por medio de una programación de fases de tiempos, las cantidades de cada uno de los productos terminados (artículo final), subensambles y cuándo es necesario producirlo, durante cada período del horizonte de la Planeación de la Producción. Las órdenes de reemplazo (servicio) de componentes a los clientes, también son consideradas como artículos finales en el MPS.

El MPS incluye las cantidades exactas y los tiempos de entrega para cada producto terminado. Se deriva de las estimaciones de la demanda. Se toman en cuenta las restricciones de fabricación y el inventario de producto

terminado. Para verificar la factibilidad del MPS se lleva a cabo una evaluación de la capacidad. Desglosar el MPS en un programa de producción se logra mediante el sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP), que determina los requerimientos de materiales y los tiempos para cada etapa de producción.

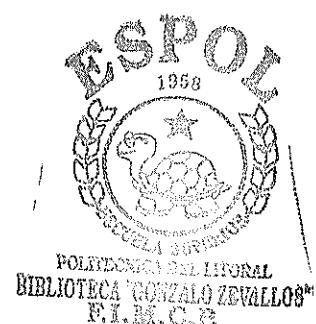
Para el MPS se usan registros de las etapas en el tiempo y se lo representa por medio de una tabla. Las cantidades de producto se colocan en espacios de tiempo llamados baldes de tiempo, que por lo general son una semana o un mes, representados en columnas, y los renglones incluyen los elementos. Para calcular el inventario y los elementos del MPS se usa la siguiente ecuación de balance de materiales, según Daniel Sipper, (1998):

$$I_t = I_{t-1} + Q_t - \max \{F_t, O_t\}$$

Donde I_t = inventario de producto terminado al final de la semana t .

Q_t = cantidad fabricada que debe completarse en la semana t (elemento del MPS)

F_t = pronóstico para la semana t



O_t = órdenes de los clientes que deben entregarse en la semana t

La instalación de producción: centros de trabajo, máquinas, equipo de manejo de materiales, etc., tienen una cantidad finita por lo que debe de tomarse en cuenta en el MPS. Esta se mide en hora, o en unidades de producto por unidad de tiempo. Existen dos niveles donde se evalúa la capacidad: el nivel del MPS y del MRP, en el primer nivel se realiza una verificación rápida de la capacidad total para encontrar la factibilidad del MPS y se realiza al nivel de departamentos o centros de trabajo. El segundo es un nivel mas detallado y se toman en cuenta los subensambles y los componentes. En la tabla 2.4 se muestra un ejemplo de un MPS. Teniendo los datos de los pronósticos F_t de un producto cualquiera y las órdenes de los clientes que deben entregarse en las semanas O_t , y tomando en cuenta como tamaño de lote $Q_t = 2500$ los resultados del MPS serían los siguientes:



PLANTILLA PARA EL PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCION								
DATOS:								
Integración de familia:		Inventario	Pedidos	Tamaño				
Productos		Inicial	en curso	del lote				
1		1600	semanal	2500				
MES 1:					MES 2:			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8
Fl	1000	1000	1000	1000	2000	2000	2000	2000
Ot	1200	800	300	200	100	0	0	0
It	400	1900	900	2400	400	900	1900	1900
MPS		2500		2500		2500	2500	2500

Tabla 2.4 Plantilla Plan Maestro de Producción MPS

Lista de materiales (BOM):

El BOM identifica cómo se manufactura cada uno de los productos terminados, especificando todos los artículos y subcomponentes, su secuencia de integración, y su cantidad en cada una de las unidades terminadas.

Cada pieza o subensamble se indica en un nodo diferente del diagrama. Un nodo se ilustra en la siguiente figura 2.9.

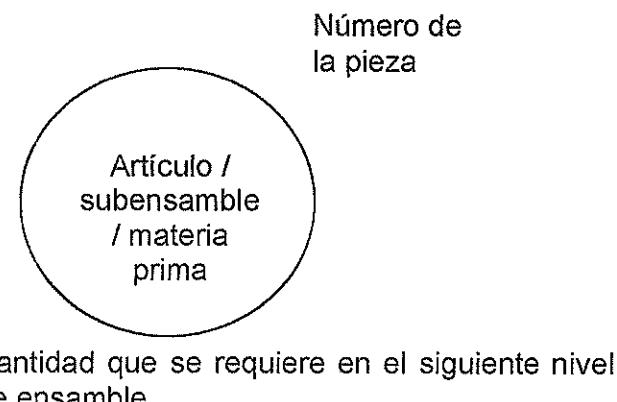


Figura 2.9 Nodo para el BOM

Cada elemento en la estructura del producto, tiene un único número de identificación. Por consiguiente, conociendo el Programa Maestro para los productos terminados, el MRP puede programar y ubicar las órdenes en el tiempo para la obtención de los elementos de menor nivel.

La información más importante que proporciona la lista de materiales al MRP es la estructura del producto, la cual se presenta con un ejemplo, en la figura 2.10

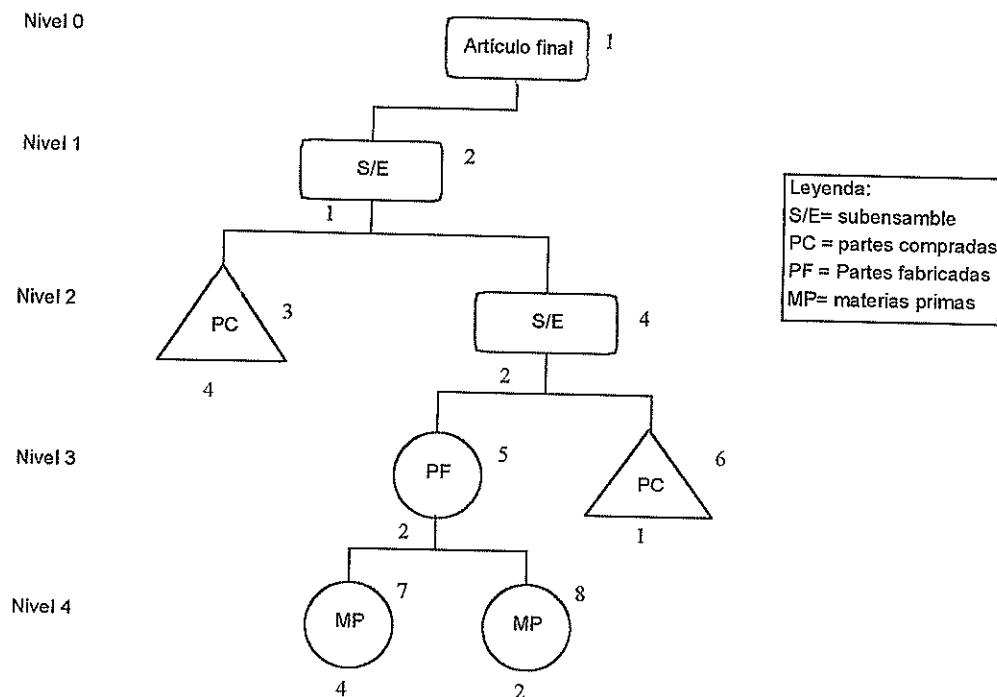


Figura 2.10 Lista de Materiales o BOM

El artículo final #1 requiere de una pieza de subensamble #2, la cual necesita cuatro piezas compradas #3 y dos unidades del subensamble #4. Esta última se compone dos piezas fabricadas #5 y una unidad de #6. Así mismo la pieza #5 requiere de cuatro unidades de la materia prima #7 y dos unidades la materia prima #8.



Archivo Del Estado Real Del Inventario:

El sistema debe contener un archivo totalmente actualizado del estado real del inventario para cada uno de los componentes del producto. Este archivo, proporciona la información precisa sobre la disponibilidad de cada artículo controlado por el MRP. El sistema amplía esta información para mantener una contabilidad precisa de todas las transacciones en el inventario: las actuales y las planeadas. El archivo del inventario contiene el número de identificación, cantidad disponible, nivel de existencias de seguridad, cantidad asignada y el tiempo de espera de adquisición de cada uno de los artículos.

Lógica de Procesamiento del MRP:

Procedimiento del MRP:

Para Donald Fogarty, (1994), la lógica de procesamiento del MRP, se aplica a los artículos de mayor nivel (productos terminados); luego, sigue con los elementos del menor nivel. Continúa hacia abajo, nivel tras nivel, hasta que se

determinen todos los requerimientos de la estructura del producto.

Para realizar estas operaciones: nivel por nivel, la lógica de procesamiento del MRP necesita la información de la relación del producto terminado con todos sus subcomponentes.

La esencia de un sistema MRP es el transformar el insumo en la salida. La salida de este proceso consiste en los requerimientos netos. Estos son la base para determinar las órdenes de compra y de producción. Daniel Sipper, (1998), recomienda seguir los siguientes pasos para esta transformación:

- El primer paso es el proceso de explosión: con la lista de materiales se simula el desensamblaje del producto final en sus componentes, y en conjunto con las cantidades del MPS se calcula las necesidades brutas para cada elemento de la lista de materiales. Durante este proceso se ajustan las necesidades brutas para tomar en cuenta el inventario disponible o la cantidad ordenada, así las necesidades netas son:



$$\begin{aligned}
 \text{Necesidades netas} = & \text{ necesidades brutas} - \text{disponibilidad} - \text{recepción} \\
 & \text{pedidos planificados}
 \end{aligned}$$

Este ajuste se hace en todos los niveles de la lista de materiales y para cada periodo. En cada nivel de la lista de materiales las necesidades brutas se ajustan para obtener los valores netos ante de hacer la explosión para el siguiente nivel.

Para presentar el proceso de explosión y el ajuste a netos, se usa una forma tabular como en la tabla 2.5

	SEMANAS					
	Actual	1	2	3	4	5
Necesidades brutas						
Disponibilidad						
Recepciones programadas						
Necesidades netas						
Recepción pedidos planificados						
Lanzamiento Pedidos planificados						

Tabla 2.5 Plantilla MRP

- El siguiente paso es la compensación: se determinan los tiempos de distribución de las órdenes. Con el fin de cumplir con las necesidades netas una orden se compensa con el tiempo de producción o de entrega del



proveedor, por ejemplo si el tiempo de producción de un artículo es de 2 semanas debe pasarse la orden de producción en la semana 2 para cumplir con las necesidades netas en la semana 4.

- El último paso es el cálculo del tamaño del lote: se establece la cantidad que deberá comprarse o producirse.

Cuando se emite el pedido planificado, ésta se convierte en una orden de producción o de compra, con una fecha programada para la recepción de esta orden.

Una vez que se creó la Programación Maestra inicial, se verifica la capacidad para detectar las operaciones que puedan ocasionar cuellos de botella. Los recursos agregados que demande la MPS, para cada centro de trabajo, pueden examinarse para verificar que hay equilibrio y que no existan cuellos de botella.

La reprogramación de los pedidos causa problemas interesantes cuando se han hecho compromisos con los clientes. Si la programación de los pedidos de demanda se realiza basándose en la disponibilidad para prometer, no



deberá existir la necesidad de realizar la verificación de la capacidad, puesto que el plan o el pronóstico de producción, no excede la capacidad.

2.4.2. Sistemas MRP II

Tradicionalmente, la mayoría de las mediciones de desempeño dentro de una compañía han sido costos, eficiencia o productividad y estos son usualmente asociados con departamentos individuales.

MRP II (Manufacturing Resource Planning), planificación de los recursos de manufactura, juega un papel esencial para posibilitar la integración de la cadena de suministro del producto, y además ofrece un marco para un sistema formal de planificación y control.

Un sistema MRP II tiene tres componentes principales: planeación administrativa, planeación de operaciones y ejecución de operaciones. La planeación administrativa es manejada por la alta dirección, mientras que el personal de

apoyo maneja la planeación de operaciones y el personal de manufactura se encarga de la ejecución.

La estrategia de la compañía es la base de las actividades del MRP II en la planeación administrativa. Esta se traduce en objetivos para el año actual, y estos se convierten en la entrada para el proceso de planeación de ventas por cantidad de producto y volumen de dinero. Le sigue la planeación de la producción que es en sí un plan de entregas para manufactura.

EL segundo componente, la planeación de operaciones, es la función del MRP. La salida es un programa de órdenes que se manda al último componente.

La sección de ejecución es donde se lleva a cabo las operaciones, donde se fabrica el producto, se compra las materias primas, se realizan los controles necesarios, etc. Los problemas en producción se retroalimentan a las componentes del MRP, y las evaluaciones del desempeño son las que proporcionan esta retroalimentación para poder

tomar las acciones correctivas necesarias en la planeación de negocio.

Un sistema básico del MRP II se grafica a continuación en la figura 2.11

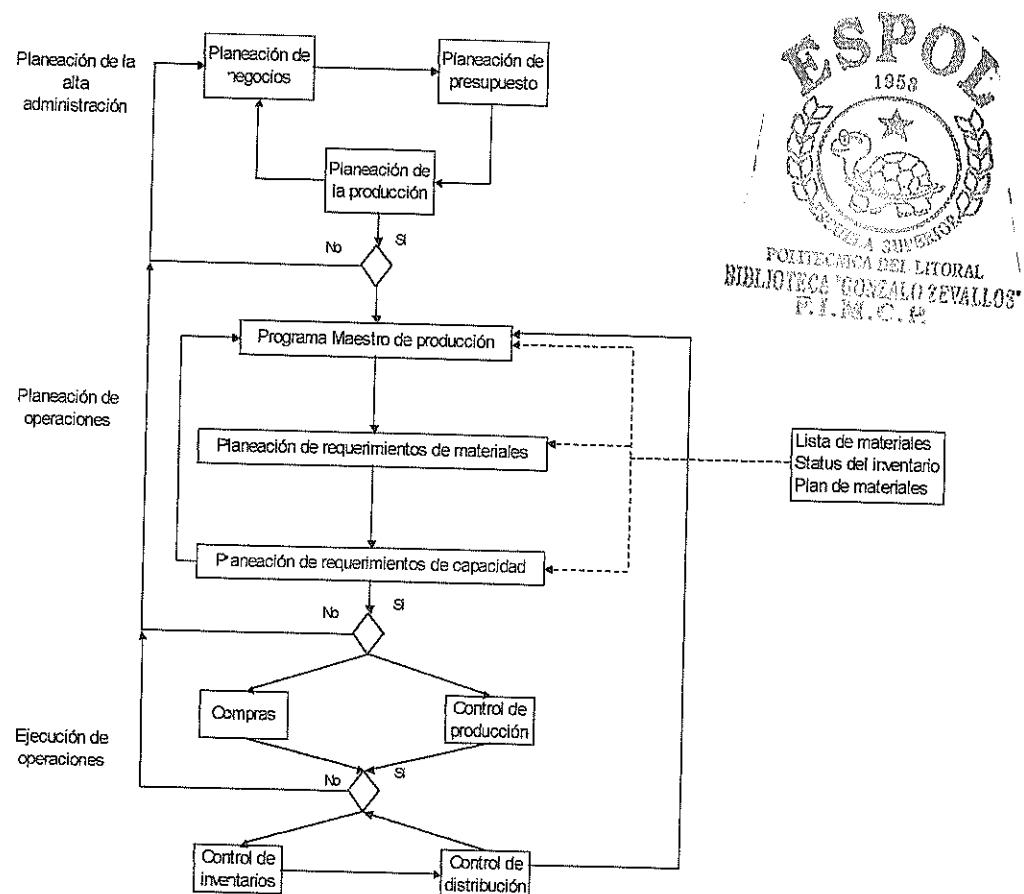


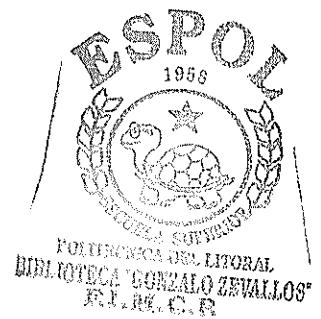
Figura 2.11 Sistema Básico del MRP II

Conclusiones:

Para controlar la inversión, mejorar el flujo de efectivo, aumentar las utilidades, el rendimiento sobre la inversión y maximizar la satisfacción del cliente es necesario mejorar el control y planeación del inventario. Para obtener un correcto sistema de inventarios es necesario determinar el tipo de demanda de los artículos comercializados. De los artículos de demanda independiente se puede diferenciar los artículos "vitales" de los "no vitales", para poder escoger el mejor sistema de planeación de inventarios para cada grupo de artículos. Los artículos de demanda dependiente tendrán un sistema diferente de los independientes como se detalló anteriormente. Para los productos independientes la demanda futura se pronostica, en cambio la demanda independiente se planifica. El Plan de Requerimientos de Materiales es un método para planificar cuales serán las órdenes de compra o producción necesarias para poder cubrir la demanda.



CAPITULO 3



3. ANALISIS DE LA EMPRESA

3.1. Reseña Histórica Del Plástico

Los plásticos, según Willaim Nash, (1970) son materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas) que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon.

El primer plástico se origina en 1860, cuando Wesley Hyatt desarrolló un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol.

En 1909 el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído, la baquelita (o bakelite), el primer plástico totalmente sintético de la historia.

En la década del 30, químicos ingleses descubrieron que el gas etileno polimerizaba bajo la acción del calor y la presión, formando un termoplástico al que llamaron polietileno (PE). Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego. Un plástico parecido al PVC es el politetrafluoretileno (PTFE), conocido popularmente como teflón.

Otro de los plásticos desarrollados en los años 30 en Alemania fue el poliestireno (PS). También en los años 30 se crea la primera fibra artificial, el nylon. Su descubridor fue el químico Wallace Carothers.

Durante los años de la posguerra se tuvo especial interés los avances en plásticos técnicos, como los policarbonatos, los acetatos y las poliamidas. Se utilizaron otros materiales sintéticos en lugar de los metales en componentes para maquinaria, cascos de seguridad,

aparatos sometidos a altas temperaturas y muchos otros productos empleados en lugares con condiciones ambientales extremas.

En la actualidad el uso del tereftalato de polietileno (PET) viene desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases para botellas y frascos.

3.2. Clasificaciones

Fernidand Singer, (1982), clasifica a los plásticos en tres grupos:

Termoplásticos:

Son resinas con una estructura molecular lineal que durante el moldeo en caliente no sufren ninguna modificación química. La acción del calor provoca que estas resinas se fundan, solidificándose rápidamente por enfriamiento en el aire o al contacto con las paredes del molde.

Termofijos:

Son resinas que pueden ser fundidas una sola vez y son obtenidas por proceso de polimerización. Las resinas de este grupo, se funden inicialmente por la acción del calor, pero enseguida, si se continúa la aplicación del calor, experimentan un cambio químico irreversible, el

cual provoca que las resinas se tornen infusibles (no se plastifican) e insolubles.

Elastómeros:

Los elastómeros, cauchos o hules tienen la capacidad de deformarse elásticamente en alto grado sin cambiar permanentemente su forma.

Las propiedades elásticas de los hules naturales y sintéticos alcanzan sus valores máximos después de un apropiado tratamiento de vulcanización o curado con azufre o con peróxidos. Las propiedades elásticas de los hules se conservan por un largo período, si las condiciones ambientales y las temperaturas de trabajo se mantienen dentro de ciertos límites.

Los procesos son los métodos que la industria plástica utiliza para la fabricación de un producto dado. Para Ferdinand Singer (1982)dichas técnicas son:

Moldeado por compresión:

Este método es generalmente usado para la compresión de los termofijos, pero puede ser aplicado en termoplásticos. Consiste en simplemente comprimir el material plástico dándole la forma deseada por el uso de moldes, calor y presión.



Moldeado por Inyección:

La ventaja de este método radica en la variedad de productos que se pueden fabricar, así como la rapidez de producción. En el moldeo por inyección, el material plástico se funde y se inyecta en la cavidad de un molde. Una vez que el material fundido se encuentra en el molde, se enfriá hasta adquirir la forma determinada por la cavidad.

Extrusión:

Las materias primas, tales como polvos o pellets plásticos, son transformadas continuamente de un estado sólido a un estado de fusión, y luego trasportados y presionadas a alta presión a través de una matriz con la forma del producto a ser fabricado. La reversibilidad del proceso de fusión permite que el perfil fundido se enfrié hasta dar como resultado el producto final

Moldeado por soplado:

El moldeo por soplado es el proceso a través del cual se realizan productos huecos mediante la expansión de un plástico caliente (derretido) denominado "parison", contra las superficies internas de un molde. Productos como el polietileno, polipropileno, poliuretano,



PVC y PET pueden ser moldeados por soplado sin ningún tipo de problemas.

Termoformado:

El termoformado plástico es una técnica que consiste en dar forma mediante calor y vacío a una lámina plástica que puede tener cualquier espesor y color, para fabricar partes de carrocerías, carlingas de aeromodelos, cubiertas y cascos de modelos de embarcaciones, parabrisas, etc.

3.3. Desarrollo En El Ecuador

Según la Cámara de Industrias de Guayaquil, la primera compañía de plásticos que se constituyó legalmente fue Celoplast S.A. e Industrial en 1955, después en 1957 se constituyó Plastigama, que es en estos momentos unas de las mayores productoras de plásticos en el país. Al inicio de la década de los 70 hubo un aumento en este tipo de industrias, donde surgen entre otras, Plásticos Panamericanos S.A, Plásticos del Litoral, Plásticos Soria y Tecnoplast.

A mediados de esta década disminuyó el crecimiento industrial plástico. Debido al boom petrolero en los años 70, el Ecuador



implantó un modelo económico que sustituía las importaciones y se dieron créditos para apoyar el crecimiento de la industria. Se mantuvieron las protecciones arancelarias impuestas en los años 70. Para la importación de bolígrafos el arancel de importación era del 70%, llegando alguna vez al 300%, por lo que no era considerado un negocio rentable la importación de bolígrafos.

Se dieron incentivos tales como exoneración del impuesto a la renta, asignación ecuatoriana dentro del pacto andino y se dieron líneas especiales de crédito.

Para el año 1979, ya existía Multiplásticos con 5 años de haberse constituido, así como Bolígrafos Pacífico que fabricaba bolígrafos de marca Cross, Bolígrafos Hilton e Indeta Instrumentos Descartables, que en la actualidad se la conoce como BIC Ecuador.

3.4. Análisis De La Empresa

Antes de poder definir el tipo de política de inventarios se debe conocer cuales son los antecedentes de la empresa.

3.4.1. Situación Actual

La empresa en estudio fabrica dos tipos de bolígrafos:

- Bolígrafos con punto medio: en cuatro diferentes colores, azul, negro, rojo y verde.
- Bolígrafos con punto fino: producidos en color azul, negro y rojo.

Ambos productos se los comercializa en el mercado local y en el internacional, específicamente en Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

Se importa diferentes productos de escritura así como encendedores y afeitadoras descartables de otras filiales de diferentes países tales como Brasil, México, Estados Unidos, Francia y Grecia.

En la tabla 3.1 se presentan los porcentajes de participación de mercado de los diferentes productos que la empresa comercializa, siendo líderes en el mercado con bolígrafos, lápices y correctores.





Producto	% Participación de mercado
Bolígrafos	77.30%
Marcadores	9.12%
Lápices	26.4%
Correctores	50.1%
Afeitadoras	42%
Encendedores	36%

Tabla 3.1 Porcentajes de Participación
Fuente IPSA

Uno de los servicios ofrecidos es el de impresión en serigrafía de diferentes productos que se importan.

La empresa utiliza dos tipos de bodegas, una para el producto de mercado local y la otra bodega como Depósito Industrial para la materia prima para los productos de exportación. Se utilizan estanterías fijas para todos los productos, y se los almacenan en pallets. El flujo utilizado es en U debido a que se tiene solo un área para el embarque y desembarque.

3.4.2. Clasificación De Los Productos De Demanda

Independiente

Los diferentes artículos que entran en esta clasificación son todos aquellos que se importan y los productos terminados.

En la categoría de Artículos de Papelería se encuentran todos aquellos productos que atienden este ramo de negocios, entre los que se incluyen: bolígrafos, rollers, marcadores punta fina, resaltadores, marcadores permanentes y de pizarra acrílica, lápices grafito, lápices de colores, lápices mecánicos, y correctores. En la categoría de Encendedores se comercializan los clásicos, los de diseños y de cocina. En la categoría de Afeitadoras están las afeitadoras de una hoja, y doble hoja. En la tabla 3.2 se detallan las ventas por categoría en unidades y en dólares para el año 2002.

Categoría de Producto	Ventas año 2002 en unidades	Ventas año 2002 \$
Bolígrafos	58,855,701	5,527,831
Marcadores	1,085,238	391,316
Lápices	7,635,184	810,712
Correctores	1,191,706	718,039
Afeitadoras	10,020,599	1,359,046
Encendedores	1,022,022	376,086

Tabla 3.2 Ventas por categoría año 2002

Existen cuatro diferentes presentaciones generales para todos los productos. Los productos se comercializan en cajillas de 12, 24 o 50 unidades que son utilizadas por distribuidores mayoristas, los exhibidores de 12 o 24 unidades que son usadas por los minoristas, en "blister" que es una burbuja de plástico donde se introducen los productos sellada por una cartilla de cartón, que pueden venir en presentaciones de 1, 2 o hasta 4 unidades y en pouch, que es una lámina plástica que se le da la forma de una funda, que pueden venir en 3, 4 o 6 unidades que son comercializados por los autoservicios. Los productos, no fabricados localmente, se importan directamente empacados.

Entre los productos de la línea de encendedores están los encendedores de cocina y los descartables. Todos estos productos vienen en su empaque.

También poseen la línea de afeitadoras, donde se comercializan las afeitadoras de una hoja y las de dos hojas.

Toda esta línea viene en su empaque original.

3.4.3. Clasificación De Los Productos De Demanda Dependiente

Los productos de demanda dependiente son aquellos que dependen de la demanda del producto final, en este caso se clasificarían todas las materias primas y subensambles de los bolígrafos que se producen localmente. El bolígrafo se divide en dos componentes principales:

- Cuerpo del bolígrafo
- Repuesto del bolígrafo



El cuerpo del bolígrafo está compuesto por los siguientes componentes:

- Barril
- Tapa

- Botón

Los componentes de los bolígrafos se muestran en la figura

3.1

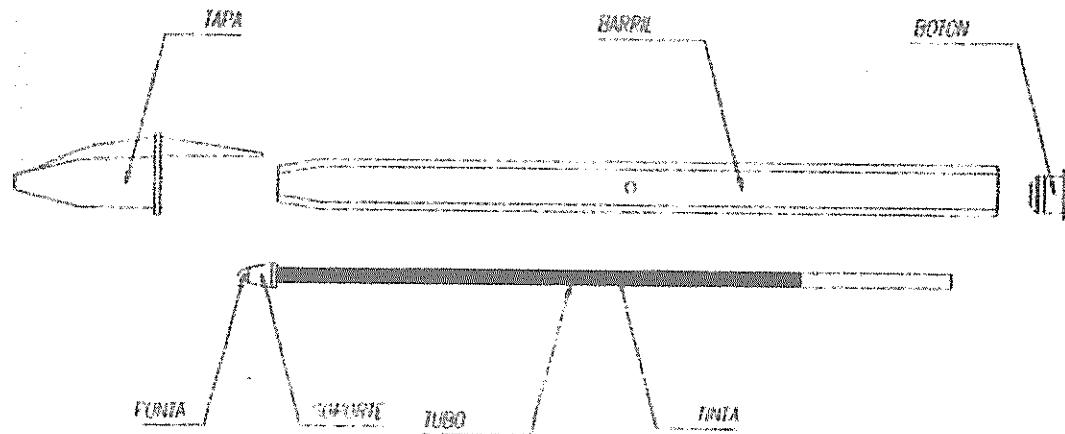


Fig. 3.1 Componentes del bolígrafo

En la tabla 3.3 se describe cuales son los materiales con los que se fabrican estos componentes:

COMPONENTE	PESO (gr)	MATERIAL
Barril	4	Poliestireno
Tapa	1.2	Polipropileno
Botón	0.25	Polietileno Baja Densidad

Tabla 3.3 Componentes cuerpo del bolígrafo

El repuesto del bolígrafo se conforma de las siguientes partes:

- Tubo
- Soporte
- Punto
- Tinta

El punto y la tinta son los únicos componentes que se importan. En la tabla 3.4 se describe cuales son los materiales con los que se fabrican los componentes del repuesto:

COMPONENTE	PESO (gr.)	MATERIAL
Tubo	0.7	Polietileno o Polipropileno
Soporte	0.11	Poliacetal

Tabla 3.4 Componentes del repuesto del bolígrafo



El BOM de materiales para el bolígrafo punto medio se lo puede analizar en Apéndice 1 y el del bolígrafo punto fino en el Apéndice 2.

3.4.4. Descripción Del Proceso De Fabricación Del Bolígrafo

El proceso de fabricación del bolígrafo se divide en cuatro partes:

1. Fabricación de los componentes plásticos
2. Fabricación del repuesto del bolígrafo
3. Ensamble del bolígrafo
4. Empaque

1. Fabricación de componente plásticos

En el área de Plásticos se produce el tubo con una extrusora y los siguientes componentes por medio de inyectadoras:

- Barril
- Tapa
- Botón
- Soporte

Para todos los productos excepto el barril y tapa transparente se requiere primero mezclar la materia prima con el colorante

necesario. Se alimenta la inyectora con la mezcla y pasa por un cilindro calentado que es ablandado por el calor y empujado dentro de la cavidad de un molde. Al llenarse el molde, el material plástico se solidifica por el enfriamiento del molde obteniendo el producto final. Se utilizan siete inyectoras para producir todos los componentes.

Adicionalmente es esta área se fabrica el tubo transparente y naranja (donde se carga la tinta para el repuesto.) Se lo fabrica por medio del proceso de extrusión y consiste en pasar de forma continua el material por una boquilla y luego por un canal de agua fría de 5 metros aproximados para enfriar el material. Al extremo de este canal está la cortadora, la cual le da las dimensiones exactas al tubo sea el transparente o naranja ya que tienen las mismas dimensiones. Si se fabrica el tubo naranja, previamente se mezcla la materia prima con el colorante.

Todos los componentes son revisados por el operador de turno, y por el departamento de Control de Calidad. Si el departamento lo declara producto conforme, sigue el flujo del

proceso que se describe a continuación. Son almacenados en fundas plásticas, excepto por los barriles que son almacenados en tolvas para su mejor manejo.

2. Fabricación de repuesto

Para producir los repuestos se tienen tres máquinas subensambladoras, que se encargan de ensamblar el soporte, punto, tubo y tinta para formar el repuesto. Antes de empezar el proceso, se coloca los tubos que se utilizarán en el día en una máquina codificadora que imprime en el tubo la fecha de elaboración del repuesto. Luego se coloca las partes del repuesto en su bandeja respectiva de la máquina subensambladora y arma el repuesto automáticamente. El operador recoge el repuesto y lo coloca en una máquina Centrífuga donde lo coloca en una base circular la cual gira alrededor de 320 revoluciones por minuto para eliminar cualquier partícula de oxígeno dentro del tubo, así se elimina cualquier riesgo de goteo en su uso. Estos son limpiados con metanol de cualquier residuo de tinta que existiera. Los repuestos son revisados por el operador de turno así como por el departamento de Control de Calidad quien lo declara producto conforme si es el caso. Los repuestos son

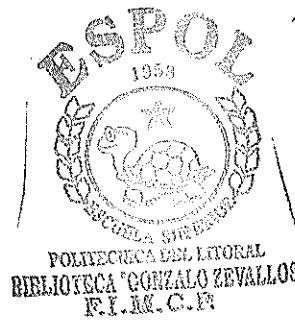
colocados en gavetas que pasan a su bodega respectiva después de la inspección.

3. Ensamble del bolígrafo

Se utilizan cuatro máquinas ensambladoras para terminar de fabricar el bolígrafo. Se coloca la tolva con los barriles al inicio de la rampa transportadora de barriles, las tapas, el botón y el repuesto en su respectiva bandeja. La máquina coloca el barril en manera horizontal inserta el repuesto y al mismo tiempo el botón y la tapa. El operador se encarga de revisar que todos los bolígrafos estén correctamente ensamblados.

4. Empaque

El empaque es la parte final de la producción del bolígrafo. Una vez que el bolígrafo es producido, el operador que maneja la máquina ensambladora lo coloca en sus respectivas cajillas y otro operador pesa cada cajilla en una balanza electrónica con lo que se verifica la cantidad de unidades por medio del peso. Estas se embalan en cajas master y colocadas en pallets, y serán revisadas por el departamento de Control de Calidad para luego ser transportadas a su bodega respectiva.



Todo el proceso de producción se lo describe mediante los flujos de procesos en las tablas 3.5 a 3.11. Los símbolos que se utilizan son los siguientes:

- **Operación:** la operación sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o desmonta de otro objeto o cuando se arregla o prepara para otra operación.
- **Transporte:** se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando tal movimiento es parte de la operación o provocado por el operador durante la operación o inspección.
- **Inspección:** sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o verificar la calidad o cantidad.
- ▷ **Demora:** cuando las condiciones no permiten que se realice de inmediato el siguiente paso.
- ▽ **Almacenaje:** cuando un objeto se mantiene en depósito bajo vigilancia.

No.	Descripción	Simbología
1	Almacenamiento de poliestireno	○ □ □ △ □ □ □
2	Transporte de poliestireno hacia inyectora	○ □ □ △ □ □ □
3	Alimentación de inyectora con materia prima	○ □ □ △ □ □ □
4	Producción de barril	○ □ □ △ □ □ □
5	Colocación de barril en tolvas	○ □ □ △ □ □ □
6	Control de calidad de muestras de barril	○ □ □ △ □ □ □
7	Transporte de tolvas con barriles	○ □ □ △ □ □ □
8	Almacenamiento de tolvas con barriles en área de tolvas	○ □ □ △ □ □ □

Tabla 3.5 Flujo de Proceso de Producción de Barril

Nº.	Descripción	Simbología
1	Almacenamiento de polipropileno y colorantes	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
2	Transporte de polipropileno y colorantes hacia inyectora	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
3	Mezcla de polipropileno con colorante	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
4	Alimentación de inyectora con mezcla	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
5	Producción de tapa	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
6	Colocación de tapas en fundas	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
7	Control de Calidad de muestras de tapas	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
8	Transporte de fundas con tapas a bodega	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷
9	Almacenamiento de fundas con tapas	○ □ ▵ ▷ □ ▷ ▷ ▷

Tabla 3.6 Flujo de Proceso de Producción de Tapa





Nº.	Descripción	Simbología
1	Almacenamiento de polietileno B.D. y colorantes	○ □ ▵ → ▷
2	Transporte de polietileno y colorantes hacia inyectora	○ □ ▵ → ▷
3	Mezcla de polietileno con colorante	○ □ ▵ → ▷
4	Alimentación de inyectora con mezcla	○ □ ▵ → ▷
5	Producción de botón	○ □ ▵ → ▷
6	Colocación de botón en fundas	○ □ ▵ → ▷
7	Control de Calidad de muestras de botón	○ □ ▵ → ▷
8	Transporte de fundas con botón a bodega	○ □ ▵ → ▷
9	Almacenamiento de fundas con botón	○ □ ▵ → ▷

Tabla 3.7 Flujo de Proceso de Producción de Botón

Nº.	Descripción	Simbología
1	Almacenamiento de poliacetal y colorantes	○ □ ▽ ▵ ▷ D
2	Transporte de poliacetal y colorantes hacia inyectora	○ □ ▽ ▵ ▷ D
3	Mezcla de poliacetal con colorante	○ □ ▽ ▵ ▷ D
4	Alimentación de inyectora con mezcla	○ □ ▽ ▵ ▷ D
5	Producción de soporte	○ □ ▽ ▵ ▷ D
6	Colocación de soporte en fundas	○ □ ▽ ▵ ▷ D
7	Control de Calidad de muestras de soporte	○ □ ▽ ▵ ▷ D
8	Transporte de fundas con soporte a bodega	○ □ ▽ ▵ ▷ D
9	Almacenamiento de fundas con soporte	○ □ ▽ ▵ ▷ D

Tabla 3.8 Flujo de Proceso de Producción de Soporte



No.	Descripción	Simbología
1	Almacenamiento de polietileno y colorantes *	○ □ V → D
2	Transporte de polietileno y colorantes* hacia inyectora	○ □ V → D
3*	Mezcla de polietileno con colorante	○ □ V → D
4	Alimentación de extrusora con material	○ □ V → D
5	Producción de tubo	○ □ V → D
6	Colocación de tubos en cartones	○ □ V → D
7	Control de Calidad de muestras de tubos	○ □ V → D
8	Transporte de cartones con tubos hacia bodega	○ □ V → D
9	Almacenamiento de cartones con tubos	○ □ V → D

* Si se produce tubo naranja

Tabla 3.9 Flujo de Proceso de Producción de Tubo

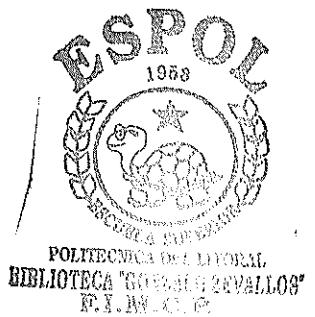


Nº.	Descripción	Simbología
1	Almacenamiento de tinta y punto en bodega	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
2	Transporte de tubo, soporte, tinta y punto hacia subensamble	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
3	Alimentación de máquina subensambladora con materiales	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
4	Producción de repuesto	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
5	Centrifugación de repuestos producidos	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
6	Limpieza de repuestos	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
7	Colocación de repuestos en cajas	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
8	Inspección de repuestos por Control de Calidad	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
9	Transporte de cajas con repuestos hacia bodega	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷
10	Almacenamiento de cajas con repuestos en bodega	○ □ ▷ ▷ ▷ ▷ ▷

Tabla 3.10 Flujo de Proceso de Producción de Repuesto

No.	Descripción	Simbología
1	Transporte de barril, tapa, botón y repuesto hacia área de ensamble	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	Alimentación de máquina subensambladora con piezas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	Ensamble de bolígrafo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	Colocación de bolígrafos en cajillas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	Pesado de cajillas	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	Colocación de cajillas llenas en cajas masters	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7	Inspección de bolígrafos por parte de Control de Calidad	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8	Transporte de bolígrafos en cajas masters por parte de control de Calidad	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9	Almacenamiento de bolígrafos en cajas masters en bodega	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Tabla 3.11 Flujo de Proceso de Producción de Boligrafo



CAPITULO 4

4. DISEÑO DE POLÍTICA DE INVENTARIOS PARA PRODUCTOS DE DEMANDA INDEPENDIENTE

El objetivo principal de analizar un sistema de inventarios es identificar cuales son los productos más importantes para la empresa con el propósito de definir y distribuir correctamente los recursos necesarios para cada uno. Entre los datos principales a utilizar se encuentra la cantidad de artículos que se almacenan y los registros históricos del consumo por un determinado periodo.

4.1. Estratificación De Los Productos: Implementación Del Método

ABC

Para el desarrollo del método ABC se utilizará Microsoft Excel. El análisis se lo realiza obteniendo datos de un año de forma mensual. Como se indicó, se utilizará el sistema informativo de la empresa para obtener los datos necesarios. Cada venta que se realiza se

ingresa al sistema con sus respectivas unidades y su precio final, y el sistema calcula las unidades vendidas de cada artículo por mes. Se deberá calcular las unidades vendidas por año y su costo total anual en dólares.

En el Apéndice 3 se describen las cantidades vendidas en unidades de todos los artículos y en el Apéndice 4 las cantidades vendidas en dólares del año 2001 y 2002. No se utilizarán los nombres de los productos por confidencialidad por lo que se enumerará cada producto.

En el Apéndice 5 se realiza la clasificación ABC de acuerdo a los pasos descritos en el capítulo 2. Como ejemplo se describirá en cada paso los cálculos para el artículo #1

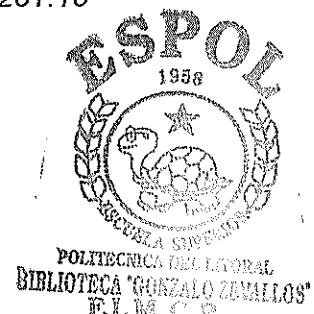
1. Se calcula las unidades vendidas totales anuales de cada artículo.
2. Se calcula el consumo total anual de cada producto por medio de su respectivo costo unitario y las unidades vendidas anuales

*Consumo Total Anual #1: Costo Unitario * Unidades Vendidas*

Anuales

*Consumo Total Anual: 0.0683 * 5,391,817*

Consumo Total Anual: \$368,261.10



*Consumo Total Anual #2: Costo Unitario * Unidades Vendidas*

Anuales

*Consumo Total Anual: 0.0579 *7,540,445*

Consumo Total Anual: \$431,381

3. Los artículos se ordenan de forma descendente con respecto al costo anual y se calcula el costo acumulado de todos los artículos. Al ordenar los artículos se aprecia que el producto con mayor consumo total es el producto #2 seguido del producto #1.
4. Se procede a calcular el porcentaje que representa el consumo total de cada artículo con respecto al acumulado total.

*Porcentaje del total #2: Consumo Total anual #2 / Consumo total
artículos*

Porcentaje del total #2: \$431,381 / \$2,675,517

Porcentaje del total #2: 16.13%

*Porcentaje del total #1: Consumo Total anual #1 / Consumo total
artículos*

Porcentaje del total #1: \$368,261.10 / \$2,675,517

Porcentaje del total #1: 13.77%

5. Se determina cual es el porcentaje acumulado que representa cada artículo.



Porcentaje acumulado #1: Porcentaje del total #2 + Porcentaje del total #1

Porcentaje acumulado #1: 16.11% +13.61%

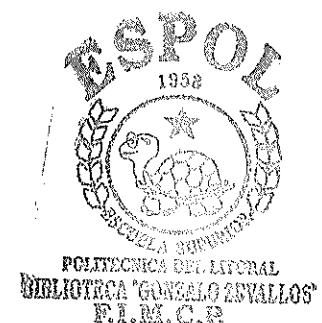
Porcentaje acumulado #1: 29.55%

6. Se define los artículos tipo A que representan el 80.38% de las ventas generado por el 13.45% de los artículos, siendo el producto #1 parte de los artículos tipo A.
7. Los artículos tipo B serán los que representan el 15.55% de las ventas generadas por el 32.29% de los artículos.
8. Los artículos tipo C son los que representen el 4.07% de las ventas generadas por el 54.26%.

En la tabla 4.1 se describe la cantidad de artículos para cada clasificación.

Clasificación ABC	Cantidad de artículos	Porcentaje de artículos	Porcentaje en ventas
Tipo A	30	13.45%	80.38%
Tipo B	72	32.29%	15,55%
Tipo C	121	54.26%	4.07%
Total	223	100%	100%

Tabla 4.1 Clasificación ABC

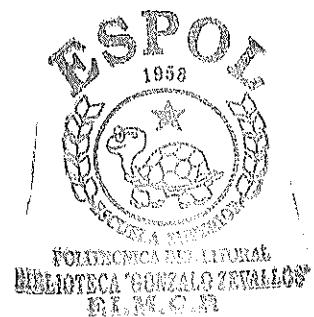


Con el sistema ABC, se pudo identificar en términos de consumo, los artículos más importantes para la empresa y se podrá obtener el sistema de inventarios más adecuado para cada artículo.

4.2. Cálculo De Pronósticos

Posterior a la clasificación ABC se debe definir el método de pronósticos a ser utilizado en cada uno de los artículos para tomar decisiones sobre el sistema de administración de inventarios que se desea implementar. Debido a su importancia con respecto a las ventas, se analizará solo los artículos tipo A; para los artículos tipo B y C la organización podrá realizar un futuro estudio.

Los pronósticos ayudan a determinar cuales serán los volúmenes futuros de ventas de los productos. De esta forma se podrá obtener el lote económico de compras para cada artículo, con el propósito de maximizar el servicio al cliente mientras se obtiene el menor costo posible. Se debe realizar un análisis con diferentes métodos de pronósticos y elegir el que provee un menor error. Se analizará a continuación cual será el mejor método de pronósticos para el artículo #2.



Para el método del Promedio móvil el valor del pronóstico se calcula de la siguiente manera, siendo T el periodo actual y d_T la demanda histórica en el periodo T , y F_{T+k} el pronóstico en el tiempo T para n periodos que se quieran considerar en k periodos futuros, en este caso $n = 3$. En la tabla 4.2 se muestran los valores de los pronósticos con el método de promedio móvil.

$$F_{T+k} = \frac{\sum (d_T)}{n} \text{ desde } i: T-n+k \text{ hasta } T$$

Para $T = 4$:

$$F_1 = (595,068 + 635,306 + 585,360) / 3$$

$$F_1 = 605,245 \text{ unidades}$$

Mes	Observación (d _T)	Pronóstico (F _{t+k})	Error
Enero	595,068		
Febrero	635,306		
Marzo	585,360		
Abril	597,240	605,245	-8,005
Mayo	976,748	605,969	370,779
Junio	740,179	719,783	20,396
Julio	206,400	771,389	-564,989
Agosto	467,243	641,109	-173,866
Septiembre	901,624	471,274	430,350
Octubre	900,924	525,089	375,835
Noviembre	502,625	756,597	-253,972
Diciembre	341,728	768,391	-426,663

Tabla 4.2 Pronósticos Modelo Promedio Móvil Producto

Para poder determinar cual es el método más óptimo para calcular los pronósticos se calculan los errores siguientes:

$$1. \text{ Error Medio Absoluto (EMA)} = \frac{1}{T} \sum_t^T |e_t|$$

Siendo el error determinado por:



$$e_t = d_t - F_t$$

Con d_t como la demanda en el tiempo t y F_t el pronóstico en el tiempo t .

2. Error Medio de Raíces Cuadradas (EMRC) = $\frac{1}{T} \sum_t^T e_t^2$

3. Porcentaje Absoluto medio del error (PAME) = $\frac{1}{T} \sum_t^T \frac{|e_t|}{d_t} \times 100$

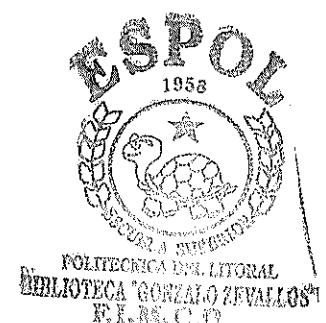
Los errores calculados para el artículo #2 se muestran en la tabla 4.3

TIPO DE ERROR	VALOR
EMA	291650
EMRC	343251
PAME	68.65%

Tabla 4.3 Error Pronósticos Promedio Móvil

Con el Modelo de Suavización Exponencial Simple el pronóstico es igual a:

$$F_{T+1} = \alpha d_T + (1-\alpha)F_T$$



Siendo: F_T = pronóstico para el periodo T

F_{T+1} = pronóstico para el periodo T+1

d_T = demanda durante el periodo T

α = constante de suavizamiento

Para el artículo #2 los pronósticos con un valor $\alpha = 0.1$ se calculan de la manera siguiente:

$$F_2 = 0.1 * 595,068 + (1 - 0.1) * 595,068$$

$$F_2 = 595,068$$

$$F_3 = 0.1 * 635,306 + (1 - 0.1) * 595,068$$

$$F_3 = 599,092$$



Para el método de Suavización Exponencial Simple los cálculos de los pronósticos con un valor $\alpha = 0.1$ se los muestra en la tabla 4.4.

Mes	Observación (d_T)	$\alpha = 0.1$	
		Pronóstico (F_{T+1})	Error
Enero	595,068		
Febrero	635,306	595,068	40,238
Marzo	585,360	599,092	-13,731
Abri	597,240	597,719	-478
Mayo	976,748	597,671	379,077
Junio	740,179	635,578	104,600
Julio	206,400	646,039	-439,638
Agosto	467,243	602,075	-134,831
Septiembre	901,624	588,592	313,032
Octubre	900,924	619,895	281,029
Noviembre	502,625	647,998	-145,372
Diciembre	341,728	633,460	-291,732

Tabla 4.4 Pronósticos con Método Suavización Exponencial Simple

Se realizaron los cálculos con diferentes valores de α para obtener pronósticos con el menor error posible. Se decidió realizar los cálculos con los valores $\alpha = 0.1, 0.4, 0.9$ debido a la tendencia



ascendente que sigue el Porcentaje de error como lo muestra la tabla 4.5

ERROR	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.9$
EMA	194,888	205,846	229,560
EMRC	243,295	272,724	292,433
PAME	43.98%	49.06%	53.25%

Tabla 4.5 Error Pronósticos Suavización Exponencial

Para el cálculo de pronósticos con el Modelo con Tendencia se usaron diferentes valores de α y β , para calcular con que datos se obtiene el menor error. Se muestran a continuación los cálculos para el artículo Azul1, con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.1$:

1. Para $T = 1$, se calcula primero la pendiente

$$B_1 = (341,728 - 595,068)/12$$

$$B_1 = -21,112$$

Siendo el suavizamiento exponencial $S_1 = 595,068$ se calcula:

$$F_{T+k} = S_T + kB_T$$

$$F_2 = 595,068 + (-21,112)$$

$$F_2 = 573,956 \text{ unidades}$$

2. Para $T = 2$,

$$S_T = \alpha d_T + (1-\alpha)(S_{T-1} + B_{T-1})$$



$$S_2 = 0.1 * 635,306 + (1 - 0.1)(595,068 - 21,112)$$

$$S_2 = 580,091$$

$$B_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

$$B_2 = 0.1 (580,091 - 595,068) + (1 - 0.1) * (-21,112)$$

$$B_2 = -20,499$$

$$F_{T+k} = S_T + kB_T$$

$$F_3 = 580,091 - 20,449$$

$$F_3 = 559,642 \text{ unidades}$$

En la tabla 4.6 se muestran los datos con los cálculos con $\alpha = 0.1$ y

$\beta = 0.1$ de los pronósticos del artículo #2.

Mes	(d _T)	$\alpha = 0.1; \beta = 0.1$			
		S _T	B _T	Pronóstico (F _{T+k})	Error
Enero	595,068	595,068	-21,112		
Febrero	635,306	580,091	-20,498	573,956	61,349
Marzo	585,360	562,170	-20,241	559,593	25,766
Abri	597,240	547,460	-19,687	541,929	55,310
Mayo	976,748	572,670	-15,198	527,773	448,975
Junio	740,179	575,743	-13,371	557,473	182,706
Julio	206,400	526,776	-16,930	562,373	-355,972
Agosto	467,243	505,585	-17,356	509,845	-42,602
Septiembre	901,624	529,568	-13,222	488,229	413,395
Octubre	900,924	554,804	-9,377	516,346	384,578
Noviembre	502,625	541,147	-9,805	545,427	-42,802
Diciembre	341,728	512,381	-11,701	531,342	-189,614

Tabla 4.6 Pronósticos Modelo con Tendencia

Los errores con diferentes valores para las constantes de suavización se muestran en la tabla 4.7. Se aprecia la tendencia ascendente que sigue el Porcentaje de Error con los diversos valores de las constantes.



ERROR	$\alpha = 0.1; \beta = 0.1$	$\alpha = 0.1; \beta = 0.4$	$\alpha = 0.1; \beta = 0.9$
EMMA	200,279	192,603	198,378
EMRC	257,180	244,692	251,458
PAME	38.92%	46.30%	47.80%
ERROR	$\alpha = 0.4; \beta = 0.1$	$\alpha = 0.4; \beta = 0.4$	$\alpha = 0.4; \beta = 0.9$
EMMA	214,295	234,033	274,118
EMRC	274,525	306,837	352,769
PAME	50.44%	55.62%	62.37%
ERROR	$\alpha = 0.9; \beta = 0.1$	$\alpha = 0.9; \beta = 0.4$	$\alpha = 0.9; \beta = 0.9$
EMMA	250,349	295,640	338,617
EMRC	312,868	360,696	403,606
PAME	55.42%	62.24%	68.55%

Tabla 4.7 Errores Método con Tendencia

Se realizaron cálculos con el Modelo de Winters con diferentes valores de α , β y γ . Utilizando los datos de los años 2001 y 2002 los pronósticos se los calcula de la siguiente manera:

1. Se calculan los promedios para las dos últimas estaciones \bar{d}_{m-1}
 $= d_{2001}$ y $\bar{d}_m = d_{2002}$



$$d_{2001} = (476,054 + 508,245 + 468,288 + 477,792 + 781,398 + 592,143 + 165,120 + 373,794 + 721,299 + 720,739 + 402,100 + 273,382) / 12$$

$$d_{2001} = 496,696 \text{ unidades}$$

$$d_{2002} = (595,068 + 635,306 + 585,360 + 597,240 + 976,748 + 740,179 + 206,400 + 467,243 + 901,624 + 900,624 + 502,625 + 341,728) / 12$$

$$d_{2002} = 620,870 \text{ unidades}$$

2. Se calcula la estimación de la tendencia b , B_T

$$B_T = \frac{\overline{d_m} - \overline{d_{m-1}}}{L}$$

$$B_{24} = (d_{2002} - d_{2001}) / 12$$

$$B_{24} = (620,870 - 496,696) / 12$$

$$B_{24} = 10,348$$

3. Se calcula el promedio global:

$$D = \frac{1}{T} \sum_t^T d_T$$

$$D = 558,783$$

4. La estimación inicial de la constante a , S_T se calcula de la siguiente forma

$$S_T = D + (T-1)B_T / 2$$

$$S_{24} = 558,783 + (24 - 1) * 10,348 / 2$$

$$S_{24} = 677,784$$

5. Y se calcula la estimación de la componente estacional C_T

$$C_t = \frac{d_T}{S_T - B_T(T-t)}$$

$$C_1 = 476,054 / (677,784 - 10,348 (24-1))$$

$$C_1 = 1.08$$

Se calculan los C_T para cada dato obteniendo para el mes de Enero los siguientes valores y se obtiene el promedio como se lo muestra en la tabla 4.8:

C _T			
MES	Año 2001	Año 2002	Promedio
ENERO	1.08	1.06	1.069

Tabla 4.8 Cálculos de C_T

Estos datos deben ser normalizados de la siguiente manera, obteniendo primero el promedio valor R , el cociente de duración de la estación:

$$R = \frac{L}{\sum_{T-L+1}^T C_T}$$



$$R = 0.9943$$

6. El nuevo C_t sería:

$$C'_t = R * C_t$$

$$C'_1 = C'_{13} = 0.9943 * 1.069 = 1.06$$

7. Se puede determinar los valores S_T , B_T , y C_T para $d_{25} = xx$, con

$$\alpha = 0.1, \beta = 0.1 \text{ y } \gamma = 0.1$$

$$S_T = \alpha (d_T / C_{T-L}) + (1-\alpha)(S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$S_T = \alpha (d_{25} / C_{13}) + (1-\alpha)(S_{24} + B_{24})$$

$$S_{25} = 0.1(714,082 / 1.06) + (1-0.1)(677,784 + 10,348)$$

$$S_{25} = 686,509$$

$$B_T = \beta (S_T - S_{T-L}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

$$B_{25} = \beta (S_{25} - S_{24}) + (1-\beta) B_{24}$$

$$B_{25} = 0.1(686,509 - 677,784) + (1-0.1)10348$$

$$B_{25} = 587$$

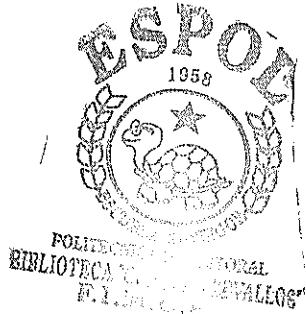
$$C_T = \gamma (d_T / S_T) + (1-\gamma) C_{T-L}$$

$$C_{25} = \gamma (d_{25} / S_{25}) + (1-\gamma) C_{13}$$

$$C_{25} = 0.1 (714,082 / 686,509) + (1-0.1)*1.06 = 1.06$$

8. Con el nuevo valor de C_{25} se normalizan nuevamente todos los valores C_t . Y se calculan los nuevos valores de S_t , B_t y los valores de F_{t+1}

$$S_t = d_t / C_{T+1-L}$$



$$S_1 = 476,054 / 1.06 = 448,895$$

$$B_t = (d_T / C_{t+1} - d_1 / C_1) / n$$

$$B_1 = 8,871$$

$$S_T = \alpha (d_T / C_{T-L}) + (1-\alpha) (S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$S_2 = 457,738$$

$$B_T = \beta (S_T - S_{T-L}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

$$B_2 = 8,868$$

$$F_{T+1} = (S_T + kB_T) C_{T+1}$$

$$F_2 = (S_1 + B_1) C_2$$

$$F_2 = (8,871 + 448,895) * 1.11$$

$$F_2 = 508,561 \text{ unidades}$$

En la tabla 4.9 se muestran los valores de los pronósticos para el año 2002 con $\alpha = 0.1$; $\beta = 0.1$; $\gamma = 0.0.1$.

Mes	(d _T)	$\alpha = 0.1; \beta = 0.1; \gamma = 0.1$					Pronóstico (F _{T+k})	Error
		S _T	B _T	C _T				
Enero	595,068	558434.639	9,092	1.11			591,905	3,163
Febrero	635,306	567958.974	9,135	1.00			630,500	4,806
Marzo	585,360	577743.402	9,200	1.00			578,846	6,514
Abrial	597,240	587780.765	9,284	1.61			588,839	8,401
Mayo	976,748	598062.062	9,383	1.20			960,696	16,052
Junio	740,179	608576.726	9,497	0.33			726,647	13,532
Julio	206,400	619749.674	9,664	0.73			200,950	5,450
Agosto	467,243	630690.039	9,792	1.38			457,958	9,285
Septiembre	901,624	641821.35	9,926	1.35			883,154	18,470
Octubre	900,924	653129.737	10,064	0.74			882,209	18,715
Noviembre	502,625	664600.927	10,205	0.50			492,182	10,443
Diciembre	341,728	676220.423	10,346	1.11			334,711	7,017

Tabla 4.9 Pronósticos con Método de Winters

Analizando los errores calculados se determina que el mejor método a utilizar para el artículo #2 es el método de Suavización Exponencial de Winters. con valores de $\alpha = 0.9; \beta = 0.4; \gamma = 0.1$ con un porcentaje de error de 0.21% equivalente al menor error entre los métodos analizados.



Para todos los artículos se realiza el mismo tratamiento para obtener el mejor método de pronósticos. En el Apéndice 6 se muestran los cálculos de los pronósticos y en el Apéndice 7 los errores con los diferentes métodos. En la tabla 4.10 se muestra el menor valor del porcentaje de error cada artículo.

PRODUCTO	METODO	PAME	PRODUCTO	METODO	PAME
#1	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.4, \gamma=0.1$	0.26%	#16	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.35%
#2	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.4, \gamma=0.1$	0.21%	#17	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.4, \gamma=0.1$	0.25%
#3	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.4, \gamma=0.1$	0.23%	#18	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.30%
#4	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.33%	#19	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.51%
#5	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.47%	#20	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.28%
#6	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.38%	#21	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.31%
#7	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.53%	#22	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.34%

PRODUCTO	METODO	PAME	PRODUCTO	METODO	PAME
#8	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.65%	#23	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.35%
#9	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	1.17%	#24	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.47%
#10	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.54%	#25	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.4$	0.40%
#11	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.49%	#26	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.9$	0.40%
#12	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.51%	#27	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.4$	0.37%
#13	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.31%	#28	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.34%
#14	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.40%	#29	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.35%
#15	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.44%	#30	Winters $\alpha=0.9, \beta=0.9, \gamma=0.1$	0.42%

Tabla 4.10 Métodos de Pronósticos y Porcentaje de Error por Artículo



Se calculan los valores de los pronósticos de la demanda para los años 2003 y 2004 con los métodos escogidos, estos se muestran en el Apéndice 8.

4.3. Aplicación Del Modelo De Punto De Reorden

Se debe determinar el sistema de revisión que se utilizará para cada categoría. Según Daniel Sipper, (1998), el método óptimo para los artículos clasificados A es el sistema de revisión continua o punto de reorden.

Primero se toma la decisión de cuando ordenar. Se procede a realizar los cálculos para todos los artículos A que forman parte del análisis de esta sección. Como se detalló en el Capítulo 2 el punto de reorden R (cuando se coloca una orden) para el artículo #2, con los siguientes datos:

D : 6,862,384 unidades al año

τ : 1.17 meses, tiempo promedio de entrega de cada orden

$$R = D\tau$$

$$R = 6,862,384 \text{ (unidades/año)} * 1.17 \text{mes(1 año)}/12 \text{ meses}$$

$$R = 669,082 \text{ unidades}$$

Se deberá determinar cual será el inventario de seguridad. Para el artículo #2 el inventario mínimo S_s será según Donald Fogarty, 1995:

$$S_s = EMA * SF$$





Siendo S_s : inventario mínimo

EMA : Error Medio Absoluto

z : factor de seguridad, área de la curva normal (Apéndice 7)

Nivel de servicio: 95%

$F(z) = 0.95$

$z = 1.65$

$SF = 2.06$

$$S_s = 902 * 2.06$$

$$S_s = 1858 \text{ unidades}$$

En el Apéndice 9 se muestran los datos del punto de reorden R y el inventario mínimo para todos los artículos clasificación A, tomando como datos la demanda total anual en unidades y el tiempo de entrega promedio de cada orden $t = 1.17$ meses. Para hacer un ajuste en un futuro se deberá obtener una estadística de cada artículo del tiempo de entrega.

La siguiente decisión es cuanto ordenar. Como se analizó en el capítulo 2 existen diferentes métodos para calcular la cantidad a ordenar por lo que se deberá determinar cual es el método más óptimo para cada artículo. Primero se debe determinar si la demanda es regular o irregular mediante la Regla de Peterson-Silver que

calcula la variabilidad de la demanda V . Según Daniel Sipper, 1998 la variabilidad es:

$V = \text{Variancia de la demanda por periodo} / \text{Cuadrado de la demanda promedio por periodo}$

$$V = (n \sum D_t^2) / (\sum D_t)^2 - 1 \quad \text{desde } t=1 \text{ hasta } n$$

Donde D_t es la demanda pronosticada para el periodo y n es el horizonte de planeación,

Si $V < 0.25$, se usa el modelo EOQ con D promedio como la demanda estimada.

Si $V \geq 0.25$, se usa un modelo de tamaño de lote dinámico.

Para el artículo #2 la variabilidad de la demanda es:

$$V = 23 * (9.95E+12) / 1.95E+14 - 1$$

$$V = 0.17$$

Por lo que se calculará el EOQ con los datos siguientes:

A = Costo por ordenar

$A = (\text{Costo de personal del área de logística por mes} + \text{Costo de Servicios mensual}) / \# órdenes mensual$

Se toma en cuenta un promedio de 61 órdenes preparadas mensualmente

$$A = \$3233 / 61$$

$$A = \$53 \text{ por orden}$$

D = demanda al año

D = 6,862,384 unidades por año

i = costo de mantener el inventario o costo de oportunidad

$$i = 16\%$$

c = Costo de producto

$$c = \$0.0579$$

h = Costo de capital

$$h = i^*c$$



$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{ic}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 53 * 6,862,384}{0.2 * 0.0579}}$$

$$Q^* = 280,215$$

En el Apéndice 10 se presentan los valores de variabilidad para cada artículo de la clasificación A. El costo de ordenar A y el valor del costo total anual de mantener el inventario i que se utiliza es un valor promedio para todos los artículos. No todos los datos presentan un valor de variabilidad menor a 0.25.

En los casos en que esta sea menor se usará el método de *EOQ*, mientras que para los artículos con $V \geq 0.25$ se analizará cual es el mejor método de tamaño de lote dinámico como se presenta a continuación con el artículo #6 con $V = 0.48$. Para los artículos con demanda regular se presentan los valores de *EOQ* en el Apéndice 11.

Se analizará el Método de Silver-meal, el Costo Unitario mínimo y Balanceo de periodo fragmentado, no se procederá a realizar el análisis con las reglas simples debido a que estos métodos no se basan directamente en la optimización de la función de costo según Daniel Sipper, (1998). Los valores de la demanda pronosticada del artículo #6 para el año 2003 se muestran en la tabla 4.11:



Mes	Demanda Pronosticada	Mes	Demanda Pronosticada
Feb-03	45,849	Jul-03	46,202
Mar-03	18,878	Ago-03	25,839
Abr-03	62,369	Sep-03	39,711
May-03	162,664	Oct-03	98,105
Jun-03	60,982	Nov-03	53,238
		Dic-03	16,632

Tabla 4.11 Demanda pronosticada artículo #6

Método Silver - Meal:

$$1. \quad m = 1 \quad K(1) = A$$

$$K(1) = 53 \quad \text{continuar}$$

$$2. \quad m = 2 \quad K(2) = \frac{1}{2} (A + i^*c^*D_2)$$

$$K(2) = \frac{1}{2} (53 + 0.1691 * 0.16 * 18,878)$$

$$K(2) = 282 > K(1)$$

$$Q_1 = 45,849 \text{ unidades}$$

Se continúa el procedimiento:

$$1. \quad m = 1, \text{ comienza en el mes 2} \quad K(1) = 53$$

$$2. \quad m = 2 \quad K(2) = \frac{1}{2} (A + i^*c^*D_2)$$

$$K(2) = \frac{1}{2} (53 + 0.1691 * 0.16 * 62,369)$$

$$K(2) = 2,227$$

$$Q_2 = 18,878 \text{ unidades}$$



Y se continúa el procedimiento para los siguientes meses. Los resultados con el método Silver - Meal de todos los artículos se presentan en el Apéndice 12.

Se procede a realizar los cálculos de la cantidad a ordenar con el método de Costo Unitario Mínimo, como ejemplo se demuestra los cálculos para el artículo #6:

1. Comienza en el mes 1 $m = 1$

$$K'(1) = A / D_1 = 53 / 45,849 = 0.0011560$$

2. $m = 2$ $K'(2) = (A + i \cdot c \cdot D_2) / (D_1 + D_2)$

$$K'(2) = (53 + 0.1691 \cdot 0.16 \cdot 18,878) / (45,849 + 18,878)$$

$$K'(2) = 0.0087099 > 0.0011560 = K'(1)$$

$$Q_1 = 45,849 \text{ unidades}$$

El procedimiento continúa en el segundo mes:

1. Comienzo en el mes 2 $m = 1$

$$K'(1) = 53 / 18,878 = 0.0028075$$

2. $m = 2$

$$K'(2) = (53 + 0.1691 \cdot 0.16 \cdot 62,369) / (18,878 + 62,369)$$

$$K'(2) = 0.0214218 > 0.0028075 = K'(1)$$

$$Q_2 = 18,878 \text{ unidades}$$



Se procede a realizar los cálculos para el resto de los meses. Se muestra los datos calculados de la cantidad a ordenar para cada artículo en el Apéndice 13.

Por último se muestra a continuación a medida de ejemplo los cálculos para el artículo #6 con el método Balanceo de periodo fragmentado. Primero se calcula FPF, el factor de periodo fragmentado.

$$FPF = A/(i*c)$$

$$FPF = 53 / (0.1691 * 0.16)$$

$$FPF = 1,959$$

Se procede a seguir el procedimiento:

1. comenzando con el mes 1:

$$PF1 = 0$$

$$PF2 = D2 = 18,878$$

$$PPF2 = 18,878 > 1,959 = FPF$$

$$Q1 = 45,849 \text{ unidades}$$

2. comenzando con el mes 2

$$PF1 = 0$$

$$PF2 = D2 = 62,369$$

$$PF2 = 62,369 > 1959 = FPF$$





$$Q2 = 18,878 \text{ unidades}$$

Se calcula las cantidades a ordenar durante todo los meses siguientes. Los resultados de las cantidades a ordenar de todos los artículos se muestran en el Apéndice 14.

Se deberá determinar que método tiene el menor costo posible. Esto se calcula basándose en el costo total anual dado por la siguiente ecuación según Donald Fogarty, (1995):

$$\text{Costo total anual} = \text{Costo anual de capital} + \text{Costo anual por ordenar}$$

$$\text{Costo anual de capital} = \text{Inventario Promedio} * c$$

$$\text{Inventario promedio} = \Sigma((d_t + S_s/2)) / T \quad \text{desde } t=1 \text{ hasta } T$$

$$\text{Costo anual de capital} = A * \# \text{total de órdenes}$$

Siendo d_t = demanda en el tiempo t ,

S_s = inventario mínimo,

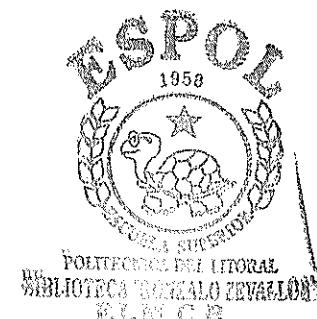
A = Costo por ordenar,

T = períodos.

En la tabla 4.12 se muestran los valores del Costo Total anual por artículo y el método escogido.

PRODUCTO	COSTO ANUAL POR ORDENAR			METODO CON MENOR COSTO
	MODELO SILVER-MEAL	COSTO UNITARIO MÍNIMO (CUM)	BALANCEO POR PERÍODO (BPF)	
ARTICULO 3	15,362	15,981	15,362	Silver Meal o BPF
ARTICULO 5	7,306	7,355	7,306	Silver Meal o BPF
ARTICULO 6	6,823	6,823	6,823	Cualquier método
ARTICULO 7	9,669	5,391	5,391	CUM o BPF
ARTICULO 8	4,338	4,391	4,338	Silver Meal o BPF
ARTICULO 9	4,316	4,316	4,316	CUM o BPF
ARTICULO 10	2,227	2,227	2,227	Cualquier método
ARTICULO 11	3,615	3,774	3,774	Silver-Meal
ARTICULO 12	3,383	3,436	3,383	Silver Meal o BPF
ARTICULO 13	3,504	3,557	3,557	Silver-Meal
ARTICULO 14	3,088	3,141	3,088	Silver Meal o BPF
ARTICULO 15	3,038	3,038	3,038	Cualquier método
ARTICULO 16	3,185	3,185	3,185	Cualquier método
ARTICULO 17	3,132	3,132	3,132	Cualquier método
ARTICULO 18	2,953	2,953	2,953	Cualquier método
ARTICULO 19	2,625	2,569	2,572	CUM
ARTICULO 22	2,267	2,215	2,321	CUM
ARTICULO 23	2,404	2,478	2,404	Silver Meal o BPF
ARTICULO 24	2,425	2,425	2,372	BPF
ARTICULO 25	2,252	2,252	2,252	Cualquier método
ARTICULO 26	2,227	2,227	2,227	Cualquier método
ARTICULO 27	2,224	2,224	2,224	Cualquier método
ARTICULO 28	1,528	2,025	1,952	Silver-Meal
ARTICULO 29	1,936	2,007	1,936	Silver Meal o BPF
ARTICULO 30	1,681	1,681	1,681	Cualquier método

Tabla 4.12 Costo Total anual



Por lo tanto los valores de las cantidades a ordenar por mes están dados por los métodos con menor costo total anual. Los valores de las cantidades a ordenar se muestran en el Apéndice 15.

4.4. Análisis De Los Resultados

Como se puede observar en el análisis ABC el 80,38% de las ventas corresponden al 13.45% de los artículos que se comercializa, que son 30 artículos de un total de 223 los cuales son clasificados como artículos A. Los artículos B, que son los que representan el 15.45% de las ventas, son el 27.8% de los artículos con un total de 72 artículos. El 407% de las ventas son representados por el 59,2% de los artículos, se puede apreciar estos porcentajes en la Figura 4.1. Debido a que los artículos clasificados A representan el mayor porcentaje de ventas solo se analizaron estos productos.

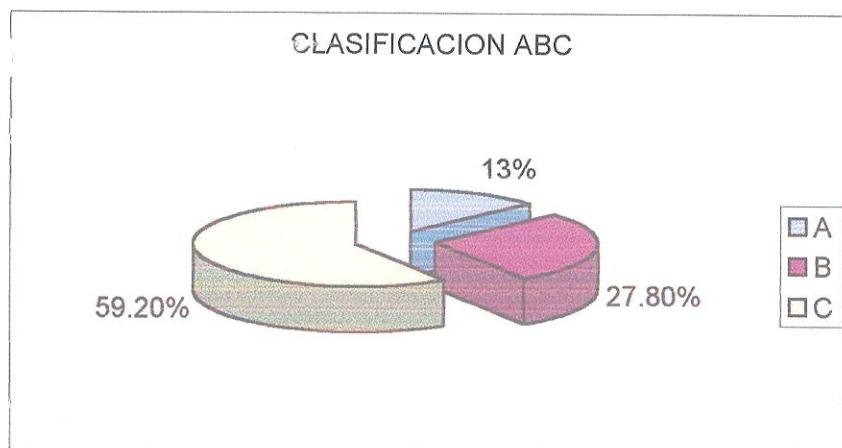


Figura 4.1

Primeramente se debía calcular los pronósticos de ventas para cada artículo, para lo cual se analizó cual era el modelo de pronósticos más óptimo. Con el método escogido se calculan los pronósticos para el año 2003 y 2004. Obtenidos los valores de la demanda futura, se necesitó determinar el modelo que se utilizará para el sistema de inventarios para lo cual se toma la primera decisión: se usará un sistema de revisión continua, debido al mejor control que se obtiene con este sistema, así se ordenará cuando el punto de reorden lo indique, el cual fue calculado para cada artículo.

La segunda decisión a tomar fue la cantidad a ordenar, para lo cual fue necesario determinar el tipo de demanda de cada artículo, esto es si es regular o irregular. Para los artículos #1, #2, #4, #20 y #21 se pudo concluir que su demanda es regular debido a que la variabilidad que se calculó es menor a 0.25, por lo que se usará el Método EOQ o Lote Económico.

El resto de los artículos se comportan como demanda irregular y se analizó que tipo de modelo de lote dinámico se utilizaría. Esto se mide con el costo total anual por artículo y por método, y se elige el



que representa un menor costo, por lo que para cada artículo se obtuvo un método diferente.

4.4.1. Ubicación De Productos

La ubicación de los productos dentro de las bodegas dependerá de su clasificación pero basándose en su rotación. En este caso los artículos clasificados A deberán estar distribuidos en las estanterías más cercanas a la salida de la bodega, como se muestra en la figura 4.2, para que su distancia recorrida sea menor. En la figura 4.2 se podrá apreciar cual sería la mejor ubicación para los artículos B y C. estos son colocados en las estanterías que dan al final de la bodega debido a que su rotación es menor que la de los productos A. Cada estantería fija está enumerada, dando un total de 8 estanterías o racks, y cada una está compuesta de tres filas.



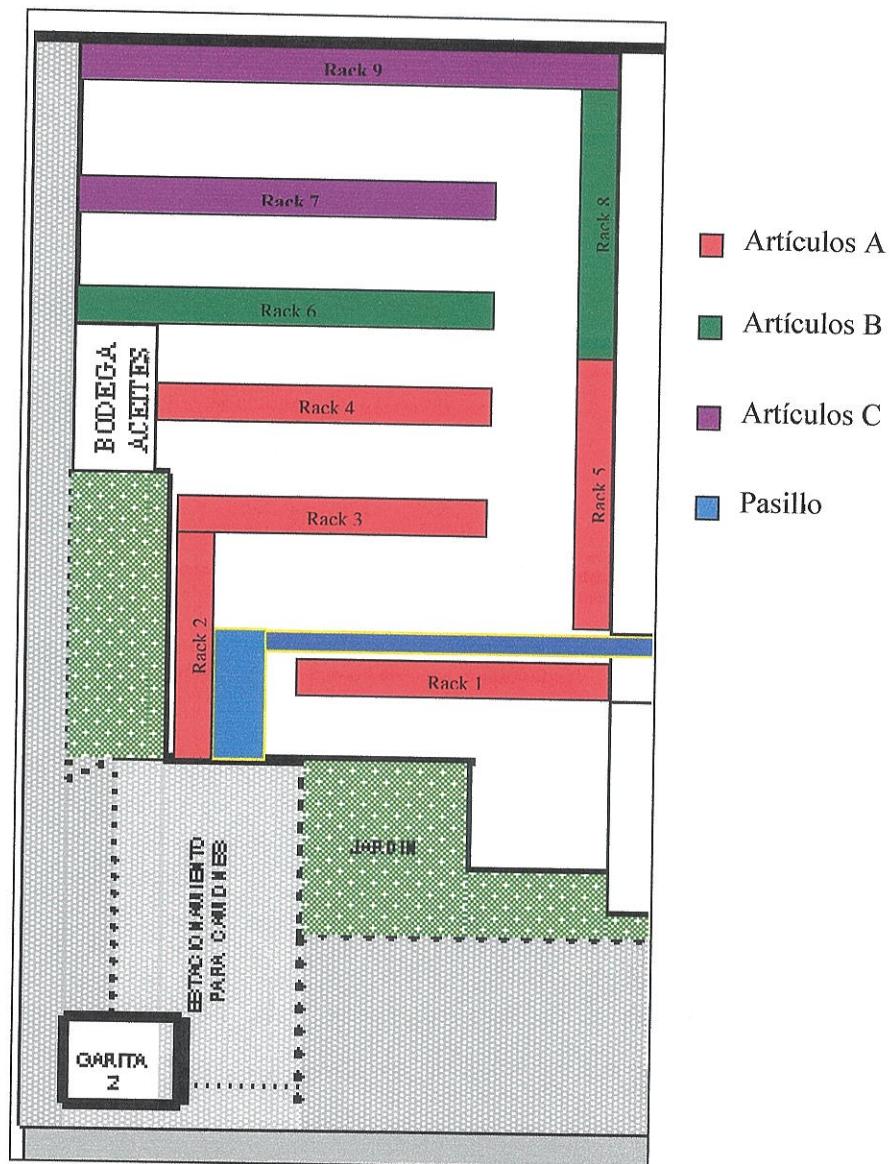


Fig. 4.2 Layout de bodega de Producto Terminado

Se puede determinar una mejor ubicación para los racks dentro de la bodega de Producto Local tal como lo muestra la figura 4.3

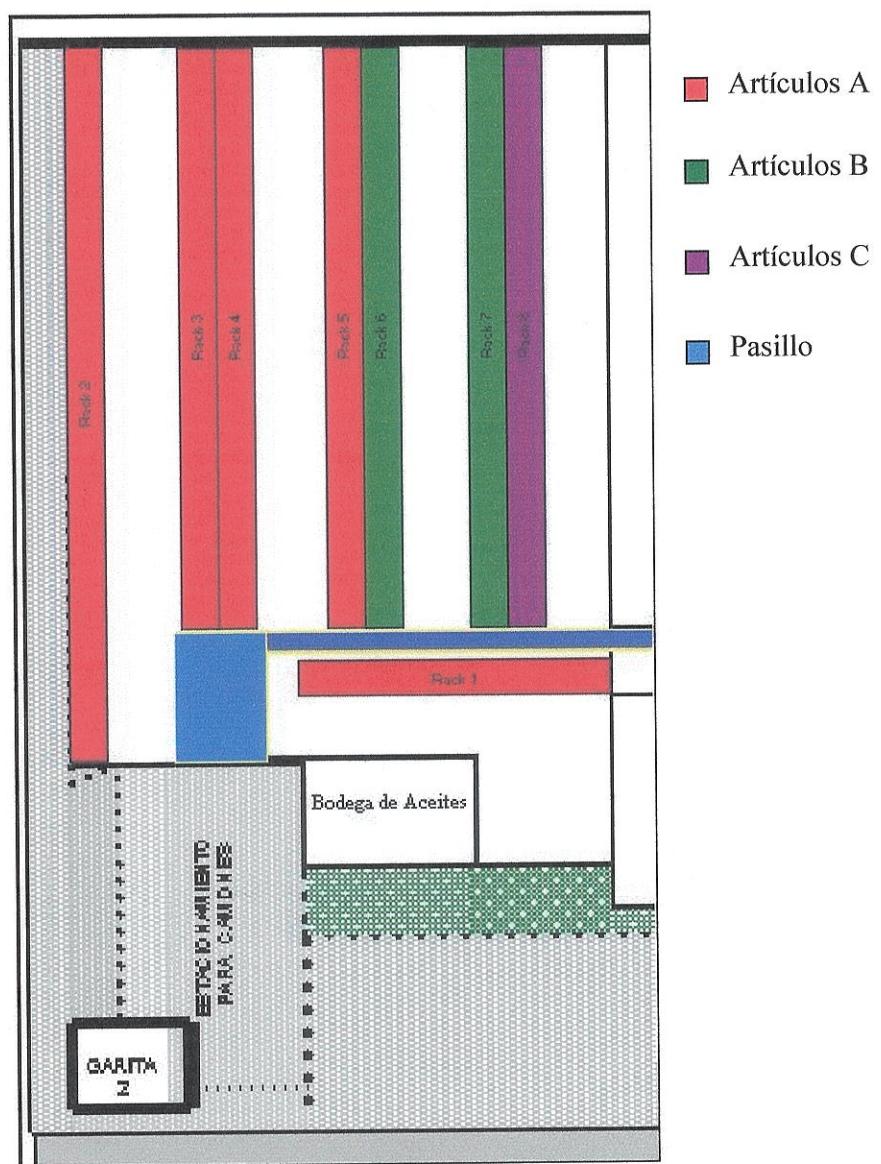


Fig 4.3 Layout Ideal de Bodega Producto Local

4.4.2. Método De Control

Con el método ABC se aumenta la exactitud del inventario, según William Hodson en el Manual del Ingeniero Industrial, debido a que se clasifican los artículos mayor relevancia de los menos relevantes, y se minimiza el esfuerzo y el costo requerido para realizar los conteos físicos de los productos.

Para los productos clasificados A se usará el método de reorden o cíclico, que está diseñado para minimizar el número de artículos que se deben contar en cada ocasión. Los artículos del inventario se cuentan siempre que se emite una reorden y el inventario suele estar al menor nivel. Otra ventaja de utilizar este método de conteo es que, cuando se encuentra diferencia entre cantidades, se pueden tomar las medidas necesarias para evitar falta de producto. El conteo se lo realizará al final del día para evitar los consumos que puedan haber en el inventario. Para los artículos clasificados B se hará un recuento periódico, cada trimestre, debido a que solo representan el 15% de las ventas por lo tanto no requieren de un mayor control como los artículos clasificados A. Los artículos C tienen el mismo tratamiento que los clasificados B, debido a que representan el 5% de las ventas totales, pero se lo realizará en forma semestral por que son



los artículos de menor valor en dinero pero la mayor cantidad en unidades.

4.4.3. Indicadores De Desempeño

El inventario es, en términos básicos, una entidad de servicio, si el inventario satisface la demanda entonces el nivel de servicio es perfecto, por lo tanto es importante poder medir el desempeño del sistema de inventarios utilizado. Una forma de medir el desempeño es la exactitud del inventario. Esta medida indica la exactitud de los saldos de inventario disponible. Los saldos que se muestran en los registros del inventario se comparan con las cantidades reales disponibles por medio del conteo físico de los artículos. Teniendo así:

Exactitud de inventario:
$$\frac{\# \text{ registros correctos}}{\# \text{ artículos del inventario contados}} *100$$

En el año 2002 se obtuvo un valor del 92% en exactitud de inventario, teniendo como meta mínima un 95% de exactitud en inventario para el año 2003.

Otro indicador es la rotación de inventarios, que es la relación entre el inventario promedio disponible y el costo anualizado de las ventas por un periodo determinado. También se puede determinar por cada artículo o categoría y es utilizado en función del tiempo, en este caso en días.

Inventario promedio disponible

Rotación: _____ x 365 días

Costo de ventas

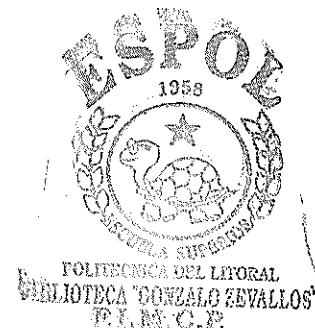
La rotación de inventarios del año 2002 fue de 130 días. Como meta de la organización se requiere llegar a los siguientes valores de rotación de inventarios por línea de productos:

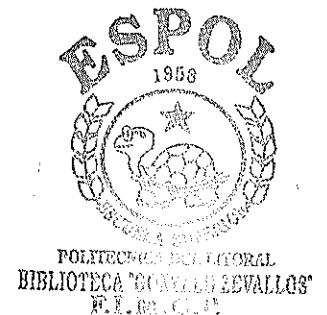
- Productos de papelería (bolígrafos, lápices, marcadores) = 90 días
- Afeitadoras: 70 días
- Encendedores: 65 días



Conclusión:

Se obtuvo un sistema de planificación de inventarios para los artículos de demanda independiente, primeramente realizando una segmentación basándose en la importancia con respecto a las ventas, una clasificación ABC. Con esta segmentación se determinó una política de inventarios para los artículos clasificados A, en este caso los que representan el 80.38% de las ventas. De estos artículos, los productos #1, #2, #4, #20 y #21 seguirán una política basada en la Cantidad de Lote Económico debido a su demanda regular. El resto de los artículos, por ser de demanda irregular tendrá como política de inventarios un modelo heurístico.





CAPITULO 5

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES PARA DEMANDA DEPENDIENTE

Para los artículos de demanda dependiente se requiere utilizar un sistema de administración de materiales diferente a los utilizados para artículos de demanda independiente debido a que los componentes y materias primas de un nivel inferior no se necesitan hasta que se requieran en su nivel superior, por lo que su demanda depende de este nivel. El método utilizado para diseñar el sistema a utilizar es el MRP (Material Requirement Planning). Lo primero que se deberá obtener son los datos de los pronósticos de ventas del producto final. Los datos históricos que se utilizarán se los obtendrá del sistema informático de la empresa

5.1. Cálculo De Pronósticos

Para planificar un sistema de requerimientos de materiales se deberá determinar los pronósticos de los dos tipos de bolígrafos que se fabrican dentro de la organización, con sus colores respectivos (para el mercado local y el de exportación.) Cada artículo se lo nombra de acuerdo a su color de tinta, y se los clasifica de la siguiente manera:

- 1: Bolígrafo con Punto Medio Local, en color azul, negro, rojo y verde
- 2. Bolígrafo con Punto Fino Local, en color azul, negro y rojo
- EXP 1: Bolígrafo con Punto Medio Local Exportación, en color azul, negro, rojo y verde
- EXP 2: Bolígrafo con Punto Fino Local Exportación, en color azul, negro y rojo.

Tal como se realizó para los artículos importados, se deberá obtener el método de pronósticos más óptimo. Se realizaron los cálculos con el método Promedio Móvil, Tendencia y Suavización Exponencial. Se utilizaron los datos de las ventas mensuales del año 2001 y del 2002.



En el Apéndice 16 se encuentra el detalle de las ventas para todos los productos del año 2001 Y 2002.

Se analizará a continuación cual será el mejor método de pronósticos para el artículo Azul1 con los modelos Promedio Móvil, Suavización Exponencial Simple con diferentes valores de α , Modelo con tendencia con diferentes valores de α y β , y Suavización Exponencial de Winters con diversos valores de α , β y γ .

Para el método del Promedio móvil el valor del pronóstico se calcula de la siguiente manera, siendo T el periodo actual y d_T la demanda histórica en el periodo T , y F_{T+k} el pronóstico en el tiempo T para n periodos que se quieran considerar en k periodos futuros, en este caso $n = 3$.

$$F_{T+k} = \Sigma (d_T) / n \quad \text{desde } i: T-n+k \text{ hasta } T$$

1. Para $T = 4$:

$$F_4 = (518,622 + 426,969 + 456,617) / 3$$

$$F_4 = 467,403 \text{ unidades}$$



2. Para $T = 5$:

$$F_5 = (426,969 + 456,617 + 748,176) / 3$$

$$F_5 = 543,921 \text{ unidades}$$

Con el Modelo de Suavización Exponencial Simple el pronóstico es igual a:

$$F_{T+1} = \alpha d_T + (1-\alpha)F_T$$

Siendo: F_T = pronóstico para el periodo T

F_{T+1} = pronóstico para el periodo $T+1$

d_T = demanda durante el periodo T

α = constante de suavizamiento

Se procede con un $\alpha = 0.1$

1. Para $T = 2$:

$$F_2 = D_1$$

$$F_2 = 518,622 \text{ unidades}$$

2. Para $T = 3$

$$F_3 = 0.1 * 426,969 + (1-0.1) * 518,622$$

$$F_3 = 509,457 \text{ unidades}$$

3. Para $T = 4$

$$F_4 = 0.1 * 456,617 + (1-0.1) * 509,457$$

$$F_4 = 504,173 \text{ unidades}$$

Con el Método de Tendencia se realizan los cálculos de la siguiente manera para el artículo Azul1, con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.1$:

1. Para $T = 1$, se calcula primero la pendiente

$$B_1 = (622,346 - 518,622)/13$$

$$B_1 = 7,979$$

Siendo el suavizamiento exponencial $S_1 = 518,622$, se calcula:

$$F_{T+k} = S_T + kB_T$$

$$F_2 = 518,622 + 7,979$$

$$F_2 = 526,601 \text{ unidades}$$

2. Para $T = 2$,

$$S_T = \alpha d_T + (1-\alpha)(S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$S_2 = 0.1 * 426,969 + (1-0.1)(518,622 + 7,979)$$

$$S_2 = 516,638$$

$$B_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

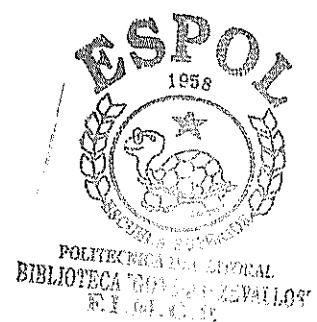
$$B_2 = 0.1 (516,638 - 518,622) + (1-0.1)(7,979)$$

$$B_2 = 6,983$$

$$F_{T+k} = S_T + kB_T$$

$$F_3 = 516,638 + 6,983$$

$$F_3 = 523621 \text{ unidades}$$



Con el Método de Winters, se utilizaron los datos de los años 2001 y 2002, los valores de los pronósticos se los calcula de la siguiente manera:

1. Se calculan los promedios para las dos últimas estaciones $\overline{d_{m-1}} =$

$$d_{2001} \text{ y } \overline{d_m} = d_{2002}$$

$$d_{2001} = (414,898 + 341,575 + 365,294 + 598,541 + 807,317 + 686,653 + 495,107 + 840,169 + 523,011 + 265,719 + 202,759 + 213,295) / 12$$

$$d_{2001} = 479,258$$

$$d_{2002} = (518,622 + 426,969 + 748,176 + 1,009,146 + 853,316 + 618,884 + 1,050,211 + 653,764 + 332,149 + 253,149 + 266,619) / 12$$

$$d_{2002} = 599,410$$

2. Se calcula la estimación de la tendencia b, B_T

$$B_T = \frac{\overline{d_m} - \overline{d_{m-1}}}{L}$$

$$B_{24} = (d_{2002} - d_{2001})/12$$

$$B_{24} = (599,410 - 479,258)/12$$

$$B_{24} = 9,990$$

3. Se calcula el promedio global:

$$D = \frac{1}{T} \sum_t^T d_T$$

$$D = 539,469$$

4. La estimación inicial de la constante a , S_T se calcula de la siguiente forma

$$S_T = D + (T-1)B_T/2$$

$$S_{24} = 539,469 + (24 - 1) * 9,990 / 2$$

$$S_{24} = 654,356$$

5. Y se calcula la estimación de la componente estacional C_T

$$C_t = \frac{d_t}{S_T - B_T(T-t)}$$

$$C_1 = 414,898 / (654,356 - 9,990 (24-1))$$

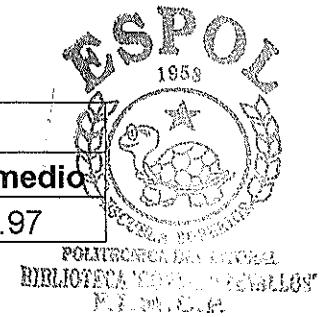
$$C_1 = 0.98$$



Se calculan los C_T para cada dato obteniendo para el mes de Enero los siguientes valores y se obtiene el promedio como se lo muestra en la tabla 5.1:

C _T			
MES	Año 2001	Año 2002	Promedio
ENERO	0.98	0.95	0.97

Tabla 5.1 Cálculos de C_T



Estos datos deben ser normalizados de la siguiente manera, obteniendo primero el promedio valor R , el cociente de duración de la estación:

$$R = \frac{L}{\sum_{T=L+1}^T C_T}$$

$$R = 0.99$$

6. El nuevo C'_t sería:

$$C'_t = R * C_t$$

$$C'_1 = C'_{13} = 0.99 * 0.97 = 0.96$$

7. Se puede determinar los valores S_T , B_T , y C_T para $d_{25} = 622,346$,

con $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.1$ y $\gamma = 0.1$

$$S_T = \alpha (d_T / C_{T-L}) + (1-\alpha)(S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$S_T = \alpha (d_{25} / C_{13}) + (1-\alpha) (S_{24} + B_{24})$$

$$S_{25} = 0.1(622,346/0.96) + (1-0.1)(654,356 + 9,990)$$

$$S_{25} = 663,001$$

$$B_T = \beta (S_T - S_{T-L}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

$$B_{25} = \beta (S_{25} - S_{T-1}) + (1-\beta) B_{24}$$

$$B_{25} = 0.1(663,001 - 654,356) + (1-0.1)9,990$$

$$B_{25} = 346$$

$$C_T = \gamma (d_T / S_T) + (1-\gamma) C_{T-L}$$

$$C_{25} = \gamma (d_{25} / S_{25}) + (1-\gamma) C_{13}$$

$$C_{25} = 0.1 (622,346 / 663,001) + (1-0.1)*0.96$$

$$C_{25} = 0.95$$

8. Con el nuevo valor de C_{25} se normalizan nuevamente todos los valores C_t . Y se calculan los nuevos valores de S_t , B_t y los valores de F_{t+1}

$$S_t = d_t / C_{T+1-L}$$

$$S_1 = 414,898 / 0.95 = 434,722$$

$$B_t = (d_T / C_{t-1} - d_1 / C_1) / n$$

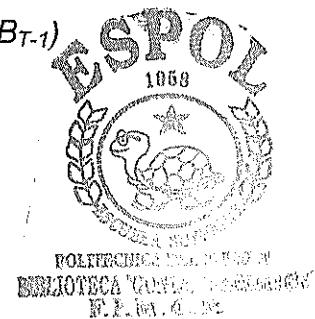
$$B_1 = 10513$$

$$S_T = \alpha (d_T / C_{T-L}) + (1-\alpha) (S_{T-1} + B_{T-1})$$

$$S_2 = 445,017$$

$$B_T = \beta (S_T - S_{T-L}) + (1-\beta) B_{T-1}$$

$$B_2 = 10,492$$



$$F_{T+1} = (S_T + kB_T) C_{T+1}$$

$$F_2 = (S_1 + B_1) C_2$$

$$F_2 = (434,722 + 10513) * 0.770962$$

$$F_2 = 343,260 \text{ unidades}$$

Para poder determinar cual es el método más óptimo para calcular los pronósticos se calculan los errores siguientes:

1. Error Medio Absoluto (EMA) = $\frac{1}{T} \sum_t^T |e_t|$

Siendo el error determinado por:

$$e_t = d_t - F_t$$

Con d_t como la demanda en el tiempo t y F_t el pronóstico en el tiempo t .

Por ejemplo para el artículo Azul1, con el método de Promedio Móvil, se obtuvo como $F_1 = 227,258$ y $d_1 = 518,622$

$$e_t = 291,364$$

Se procede a calcular los errores en cada periodo t para calcular el EMA, siendo este valor igual a:

$$EMA = 288,163$$

$$2. \text{ Error Médio de Raíces Cuadradas (EMRC)} = \frac{1}{T} \sum_t^T e_t^2$$

Siendo para el artículo Azul1:

$$EMRC = 311,547$$

$$3. \text{ Porcentaje Absoluto medio del error (PAME)} = \frac{1}{T} \sum_t^T \frac{|e_t|}{d_t} \times 100$$

$$PAME (\text{Azul1}) = 59.87\%$$

Todos los cálculos de los pronósticos con los diversos métodos se presentan para cada artículo se presentan en el Apéndice 17, así como los errores de cada producto se los muestra en el Apéndice 18.



En la tabla 5.2 se muestra el menor porcentaje de error para cada artículo y el método correspondiente.

PRODUCTO	METODO	PAME	PRODUCTO	METODO	PAME
Azul1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.4$, $\gamma=0.1$	0.24%	RojoExp1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.4$, $\gamma=0.1$	0.26%
Negro1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.27%	Azul2	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.4$, $\gamma=0.1$	0.29%
Rojo1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.33%	Negro2	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.4$, $\gamma=0.1$	0.21%
Verde 1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.37%	Rojo2	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.4$, $\gamma=0.1$	0.23%
AzulExp1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.32%	Azulexp2	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.54%
VerdeExp1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.25%	NegroExp2	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.54%
NegroExp1	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.4$, $\gamma=0.1$	0.30%	RojoExp2	Winters $\alpha=0.9$, $\beta=0.9$, $\gamma=0.1$	0.60%

Tabla 5.2 Porcentaje absoluto medio del error

Se requiere calcular los valores de los pronósticos para el año 2003 y 2004 con el método escogido como el más óptimo para cada artículo en base a los pronósticos del año 2002. Los datos de los pronósticos para el año 2003 y 2004 para cada artículo se muestran en el Apéndice 19.



5.2. Resultados

En el punto anterior se obtuvieron los valores de la demanda futura de los artículos que se producen en la compañía en estudio los cuales serán analizados a continuación. Para obtener un Plan de Requerimientos de Materiales o MRP (por sus siglas en inglés, Material Requirement Planning) primero se deberá calcular el Programa Maestro de Producción o MPS de cada artículo, con los datos del inventario inicial de cada uno de ellos como se muestra en el Apéndice 20. En este caso el inventario inicial se lo tomó en el mes de Enero del año 2003.

Para poder calcular el Plan Maestro de Producción se deberá determinar cual será la política de producción, que según William Hodson, (1998) puede ser determinar el tamaño de lote económico o EOQ si la demanda es regular, o producción lote por lote si la demanda es irregular.

Con la política lote por lote, la cantidad a fabricar en cada periodo es exactamente igual a la demanda esperada, ajustada para el inventario. Primero se deberá determinar el tipo de demanda de cada artículo con

la Regla de Peterson-Silver que calcula la variabilidad de la demanda tal como se calculó para los artículos de demanda independiente. En la tabla 5.3 se muestran los resultados de la variabilidad de cada producto.

PRODUCTO	ΣD_t^2	$(\Sigma D_t)^2$	Variabilidad V
AZUL 1	6.62514E+13	5.174E+13	0.28
NEGRO1	4.54314E+13	3.179E+13	0.43
ROJO1	2.31593E+13	1.629E+13	0.42
VERDE1	1.10611E+11	4.759E+10	1.32
AZUL EXP 1	1.12547E+14	5.858E+13	0.92
VERDE EXP 1	5.38014E+11	3.088E+11	0.74
NEGRO EXP 1	1.44737E+14	6.624E+13	1.18
ROJO EXP 1	1.2438E+13	5.208E+12	1.39
AZUL 2	7.35633E+13	5.882E+13	0.25
NEGRO 2	3.04378E+13	2.378E+13	0.28
ROJO 2	3.19849E+13	2.552E+13	0.25
AZUL EXP 2	2.66183E+12	9.095E+11	1.93
NEGRO EXP2	3.16109E+12	1.206E+12	1.62
ROJO EXP2	1.4509E+11	3.645E+10	2.98

Tabla 5.3 Variabilidad de la demanda



Tal como lo indica la tabla todos los valores de la variabilidad $V = 0.25$ por lo que todos los artículos tienen una demanda irregular por lo que se usará la política de lote por lote para cálculos del MPS.

Para calcular el inventario y los elementos del MPS se usa la siguiente ecuación:

$$I_t = I_{t-1} + Q_t - F_t$$

Donde I_t = inventario de producto terminado al final de la semana t .

Q_t = cantidad fabricada que debe completarse en la semana t

F_t = pronóstico de la demanda para la semana t

I_{t-1} = inventario inicial de producto terminado

Para el artículo Azul1 el MPS para el mes de Febrero 2003 se lo calcula de la siguiente manera, con los datos:

$$F_{febrero} = 496,957 \text{ unidades}$$

$$I_{inicial} = 440,349 \text{ unidades}$$

El MPS sería la diferencia entre la demanda esperada de Febrero y inventario inicial:



$$MPS = F_{febrero} - I_{inicial}$$

$$MPS = 56,608 \text{ unidades}$$

Siendo

$$I_{febrero} = 440,349 + 56,608 - 496,957$$

$$I_{febrero} = 0$$

Los valores de I_T y Q_T para el resto del año se muestran en la tabla 5.4.

	ACTUAL	Feb-03	Mar-03	Abr-03	May-03	Jun-03
Io:	440,349					
Ft		496,957	520,777	836,491	1,106,477	938,694
It		0	0	0	0	0
MPS		56,608	520,777	836,491	1,106,477	938,694
	Jul-03	Ago-03	Sep-03	Oct-03	Nov-03	Dic-03
Io:						
Ft	656,789	1,088,501	665,474	332,157	249,079	257,577
It	C	0	0	0	0	0
MPS	656,789	1,088,501	665,474	332,157	249,079	257,577

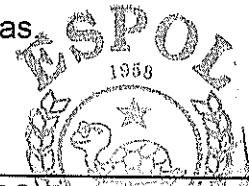
Tabla 5.4 Cálculos MPS para artículo Azul1

En el Apéndice 21 se muestran los valores del MPS para cada artículo.

Con los valores del Plan Maestro de Producción o MPS y el BOM de materiales que se describió en el Capítulo 3 se procedió a realizar los

cálculos para determinar el Plan de Requerimientos de Materiales o MRP de cada artículo con las siguientes características:

- Es importante saber cual es el tiempo de entrega del proveedor desde que se emite la orden de compra para poder determinar cuando se debe emitir tal orden. En la tabla 5.5 se muestran los tiempos de entrega de las materias primas.



MATERIA PRIMA	TIEMPO DE ENTREGA
Puntos	2 meses
Tinta	2 meses
Polipropileno	1 día
Poliestireno	1 mes
Poliacetal	1 mes
Colorantes	1 mes
Polietileno de baja densidad	1 mes
Polietileno	1 mes
Caja Master	4 días
Cajilla	4 días

Tabla 5.5 Tiempo de entrega de materias primas

- Se debe también conocer los tipos de presentaciones en que vienen las diferentes materias primas. De esto dependerá la cantidad que se ordenará de materias primas, por ejemplo si se necesitan 140 Kg de polipropileno la orden se emitirá por 180 Kg. Las diferentes presentaciones de las materias primas se muestran en la tabla 5.6

MATERIAL	PRESENTACION
Puntos medio y fino	Caneca 25.000 unidades
Tinta	Caneca 100 lt.
Polipropileno	Saco 45 Kg
Poliestireno	Saco 45 Kg
Poliacetal	Saco 45 Kg
Colorantes	Saco 45 Kg
Polietileno baja densidad	Saco 45 Kg
Polietileno	Saco 45 Kg

Tabla 5.6 Presentación de materias primas

- Para poder determinar si es posible cumplir con las órdenes de producción y los tiempos de entrega se deberá conocer la capacidad de la planta. Los estándares de producción para cada artículo están dados en la tabla 5.7. Los estándares están dados en un mes de 5 días trabajados por semana, y dos turnos por día de 8 horas cada uno.



ARTÍCULO	CAPACIDAD MENSUAL
Bolígrafos	15,206,400 unidades
Repuestos	12,355,200 unidades
Barril	10,700,000 unidades
Tapas	9,829,000 unidades
Botón	14,400,000 unidades
Soporte	12,780,000 unidades
Tubo	22,464,000 unidades

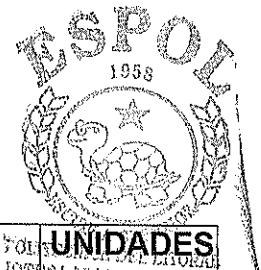
Tabla 5.7 Capacidad mensual

- Debido a que los tiempos y distancias entre procesos de producción son mínimas se tomará como referencia que cada

orden de producción se producirá en el mismo mes que se libera la orden.

A medida de ejemplo se procederá a realizar los cálculos para elaborar el MRP hasta el primer producto del primer nivel del artículo Azul1. El resultado que se obtendrá para el artículo Azul1 para el mes de Febrero 2003 será:

Nivel 0



AZUL 1	UNIDADES
NECESIDADES BRUTAS	91,337
DISPONIBILIDAD	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS	0
NECESIDADES NETAS	91,337
RECEPCION PEDIDOS PLANIFICADOS	91,337
LANZAMIENTO PEDIDOS PLANIFICADOS	91,337

Las necesidades brutas para el nivel 0 será lo equivalente al MPS. Las necesidades netas están dadas por:

Necesidad neta = Necesidad Bruta - Disponibilidad al final del mes

anterior - Recepción Programada

$$\text{Necesidad neta} = 91,337 - 0 - 0 = 91,337$$

El inventario al final del mes de febrero sería:

Disponibilidad = Recepción Pedidos Planificados - Necesidades Netas

$$\text{Disponibilidad} = 91,337 - 91,337 = 0$$

Por lo que el MRP para el nivel 0 de Febrero a Junio del 2003 sería:



AZUL1	Actual	Feb-03	Mar-03	Abri-03	May-03	Jun-03
NECESIDADES BRUTAS		91,337	566,236	924,070	1,241,583	1,052,087
DISPONIBILIDAD		0	0	0	0	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS		0	0	0	0	0
NECESIDADES NETAS		91,337	566,236	924,070	1,241,583	1,052,087
RECEPCION PEDIDOS						
PLANIFICADOS		91,337	566,236	924,070	1,241,583	1,052,087
LANZAMIENTO PEDIDOS						
PLANIFICADOS		91,337	566,236	924,070	1,241,583	1,052,087





Para el nivel 1 con el subensamble Barril para el primer mes la tabla del MRP sería:

1.2 BARRIL	Actual	Feb-03
NECESIDADES BRUTAS		71,174
DISPONIBILIDAD	15,250	0
RECEPCIONES PROGRAMADAS		0
NECESIDADES NETAS		55,924
RECEPCION PEDIDOS PLANIFICADOS		55,924
LANZAMIENTO PEDIDOS PLANIFICADOS		55,924

Donde la Necesidad Neta = $71,174 - 15,250 = 55,924$

Y la Disponibilidad = $55,924 - 55,924 = 0$

Para el nivel 2 con la materia prima Polipropileno para el primer mes la tabla del MRP sería:

1.2.1 POLIESTIRENO	Actual	Feb-03
NECESIDADES BRUTAS		195.73
DISPONIBILIDAD	135.00	2,189.27
RECEPCIONES PROGRAMADAS		2,250.00
NECESIDADES NETAS		0.00
RECEPCION PEDIDOS PLANIFICADOS		0.00
LANZAMIENTO PEDIDOS PLANIFICADOS		0.00

La necesidad bruta es equivalente a :

Necesidad Bruta Poliestireno = Pedido Planificado Barril * Peso de barril

Necesidad Bruta Poliestireno = 55,924 unidades * 0.0035 Kg.

Necesidad Bruta = 195.73 Kg.

Necesidad Neta = 195.73 - 135,00 -2,250 = -2,128.27

Por lo tanto la Necesidad Neta real equivale a cero debido a la existencia en inventario del material y no habrá necesidad de lanzar un pedido.

Disponibilidad = 135.00 + 2,250.00 - 195.73 = 2,189.27

La tabla del MRP para 1.2.1 Poliestireno de Febrero a Junio del 2003 sería:



1.2.1 POLIESTIRENO	Actual	Feb-03	Mar-03	Abr-03	May-03	Jun-03
NECESIDADES BRUTAS	195.73	1,981.83	3,234.24	4,345.54	3,682.30	
DISPONIBILIDAD	135.00	2,189.27	207.44	33.20	7.66	15.35
RECEPCIONES PROGRAMADAS	2,250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
NECESIDADES NETAS	0.00	0.00	3,026.80	4,312.34	3,674.65	
RECEPCION PEDIDOS						
PLANIFICADOS	0.00	0.00	3,060.00	4,320.00	3,690.00	
LANZAMIENTO PEDIDOS						
PLANIFICADOS	0.00	3,060.00	4,320.00	3,690.00	2,655.00	



Los cálculos para cada producto del MRP se los muestra en el Apéndice 22.

POLYTECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO SERRALLES"
E.T.M. C.R.

Lo que se obtiene del MRP son las diferentes órdenes de compra y producción para cada artículo en cada mes. Se elaboran los dos tipos de órdenes debido a que se requiere comprar la materia prima (Órdenes de Compra) para proceder a producir las diferentes piezas (Órdenes de producción) para ensamblar el producto final.

Para cada color y tipo de bolígrafo se emiten órdenes de compra y producción, pero así mismo hay materias primas y subensambles que son compartidos por diferentes productos. Por ejemplo, para todos los tipos de bolígrafos en sus diferentes colores el barril a utilizar es el mismo, por lo que se emite realmente una sola orden de producción en cada mes de barril; para los bolígrafos de punto medio se emitirá una sola orden de puntos, por lo que se emitirán órdenes de compra y producción en conjunto cuando se requiera. Por ejemplo para el material poliestireno las órdenes de compra en el año 2003 serán las que indica la tabla 5.8.

POLIESTIRENO											
PRODUCTO	Feb-03	Mar-03	Abr-03	May-03	Jun-03	Jul-03	Ago-03	Sep-03	Oct-03	Nov-03	Dic-03
AZUL 1	4,320	3,690	2,655	4,455	2,790	1,395	1,080	1,125	2,700	2,205	2,385
NEGRO1	2,205	2,655	1,305	540	2,430	3,060	2,205	1,485	1,575	675	1,935
ROJO1	1,620	1,710	3,015	2,475	1,305	2,610	1,530	585	720	405	945
VERDE1	0	0	0	0	0	315	135	45	45	0	45
AZUL EXP 1	1,080	1,935	1,215	2,295	0	720	495	6,975	8,685	3,600	1,980
VERDE EXP 1	0	180	90	360	0	45	270	450	90	315	225
NEGRO EXP 1	2,340	0	900	5,175	0	180	1,305	10,035	7,380	3,960	2,385
ROJO EXP 1	45	0	0	0	450	1,305	1,215	3,330	1,350	405	1,035
AZUL 2	4,410	3,555	3,780	1,350	4,185	4,140	3,015	1,305	1,755	1,395	2,520
NEGRO 2	2,205	2,655	1,305	540	2,430	3,060	2,205	1,485	1,575	675	1,935
ROJO 2	2,565	2,520	1,575	1,575	2,475	3,105	2,115	675	1,620	765	1,935
AZUL EXP 2	0	0	585	135	360	45	315	1,665	225	360	0
NEGRO EXP2	630	0	135	360	495	45	450	1,845	90	630	0
ROJO EXP2	0	0	0	0	0	0	90	90	90	405	0
TOTAL	21,420	18,900	16,560	19,260	16,920	20,025	16,425	31,095	27,900	15,795	17,325

Tabla 5.8 Ordenes de Compra de Poliestireno año 2003



En el Apéndice 23 se muestran las órdenes conjuntas de compra y en el Apéndice 24 las órdenes conjuntas de producción.

5.3. Análisis De Los Resultados

Se obtuvo con el MRP las órdenes de compra y producción que se necesitan para cumplir con las cantidades demandadas en el tiempo previsto. Antes de obtener el MRP se necesitó determinar si la demanda de los productos era regular o irregular para calcular cual sería la cantidad a ordenar por mes o la política de producción / compra, en este caso todos los artículos siguen una demanda irregular por lo que se utilizó la política de lote por lote. Por medio de la política se calcula el MPS para cada artículo para proceder a calcular el MRP.

Con la capacidad de la planta se identificó que el cuello de botella en el proceso sería la producción de tapas debido a que tiene la menor capacidad de producción con 9,829,000 unidades, sin embargo el valor máximo que se requerirá producir en el mes de Octubre es de 9,089,753 unidades de bolígrafos por lo que no habría ninguna dificultad en cumplir con el Plan de producción. La capacidad de la planta está dada para trabajar en dos turnos de 8 horas diarias, en 5 días a la

semana por lo que la capacidad real de la planta sería mucho mayor si se trabajara los 7 días a la semana en tres turnos diarios o en dos turnos de 12 horas cada uno.

5.3.1. Ubicación De Productos

La compañía tiene dos tipos de bodegas, Producto Local y Depósito Industrial. En esta última se almacena la materia prima, producto en proceso y producto terminado para exportación. Se destinó una bodega de Depósito Industrial debido a que todo material que es utilizado para fabricar producto de exportación no debe pagar impuestos.

En la figura 5.1 se muestra un layout de las bodegas de cómo se deberá almacenar cada tipo de material.



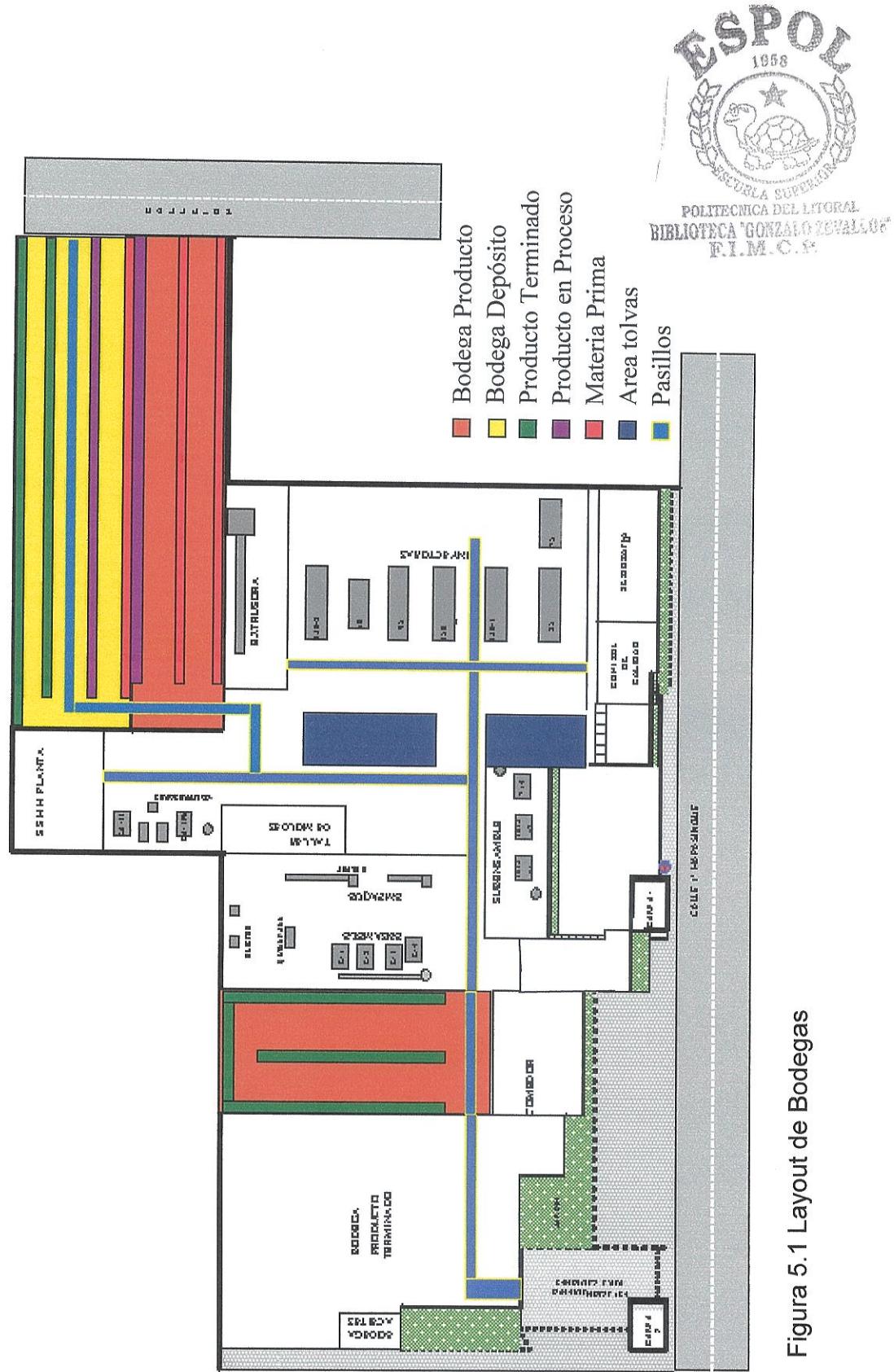


Figura 5.1 Layout de Bodegas

El barril es el único producto en proceso que nos será almacenado en las bodegas. Estos tienen destinados un área específica debido a la forma en que son almacenados, esto es en tolvas de 2.5m de alto x 1m de ancho x 1 m de espesor y se hace imposible almacenarlas en las estanterías fijas que tienen las bodegas. Esta área está ubicada delante del área de inyección, de esta manera se manipula las tolvas con mayor facilidad hacia el área de ensamble.

5.3.2. Método De Control

Al igual que los productos de demanda independiente clasificados A, se utilizará un recuento cíclico para los productos de demanda dependiente, al final de cada mes antes de recibir cada orden de compra o producción, se realizará un conteo debido a que el inventario está en su mínimo nivel.

5.3.3. Indicadores De Desempeño



Tal como se indicó para los artículos de demanda independiente se deberá medir también el desempeño de los

inventarios de los productos de demanda dependiente con los siguientes indicadores:

registros correctos *100

Exactitud de inventario: _____

artículos del inventario contados

En el año 2002 se obtuvo un valor del 92% en exactitud de inventario, teniendo como meta mínima un 95% de exactitud en inventario para el año 2003.

Otro indicador es la rotación de inventarios que se puede utilizar es la rotación de inventarios que esta dada por:

Inventario promedio disponible

Rotación: _____ x 365 días

Costo de ventas

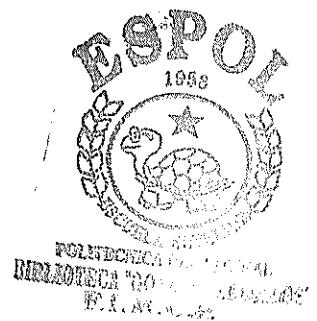
En el año 2002 se obtuvo un valor de rotación de 140 días para la materia prima y 120 días para producto en proceso y producto terminado. Como meta de la organización se requiere llegar a los siguientes valores de rotación de inventarios por línea de productos:



- Materia Prima: 60 días
- Producto en Proceso: 30 días
- Producto Terminado: 30 días

Conclusiones:

Al determinar el MRP para cada artículo se logra obtener las diferentes órdenes de compra y producción necesarias para poder cubrir la demanda de bolígrafos para el mercado local como el de exportación, reduciendo los inventarios y maximizando el servicio al cliente. Se obtuvo una mejor ubicación de los materiales y productos en general dependiendo de su utilización, también se determinó un método de control con el que se espera mantener los niveles de inventarios reales exactos con respecto a los valores dados por el sistema informático.



CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El mantener una correcta política de inventarios es primordial en una compañía debido a que de esta dependerá el maximizar el nivel del servicio al cliente, así como la disminución en la inversión total del inventario.
- Se determinó que existen dos tipos de productos, los productos de demanda independiente y dependiente. Cada tipo de producto tendrá un análisis diferente debido a las características de la demanda.
- Para los artículos de demanda independiente se utilizó la clasificación ABC en donde se determinó que el 13.45% de los

artículos representan el 80.38% de las ventas. A estos artículos se los clasificó como A, son 30 productos de un total de 223. Los artículos B son el 32.29% de los artículos que representan el 15.55% de las ventas. Los artículos tipo C son el 54.26% del total de artículos que representan el 4.07% de las ventas.

- La regla de Peterson-Silver identificó los artículos que mantienen una demanda regular o irregular.
- De los 30 artículos clasificados A, los productos #1, #2, #4, #20 y #21 mantienen una demanda regular, los cuales seguirán una política de inventarios basándose en la Cantidad de Lote Económico.
- El resto de los artículos siguen una demanda irregular, y obtendrán un sistema diferente de administración de inventarios de acuerdo al método que le ofrezca el menor costo sin perjudicar el nivel de servicio al cliente. Los productos #7, #9, #19 y #22 mantendrán una política de inventarios en base al método de Costos Unitarios Mínimos, el artículo #24 el método



Balanceo por periodo fragmentado, y el resto de productos el método Silver-Meal.

- La política de inventarios para los artículos de demanda dependiente utiliza el Plan de Requerimientos de Materiales. Este da como resultado las órdenes de compra y de producción necesarias para poder abastecer la demanda pronosticada para los años 2003 y 2004, sin que existan faltantes tanto para el área de producción como para el cliente final.
- Las bodegas tendrán una mejor distribución ubicando los productos según su importancia con respecto a las ventas. La solución inicial, sin considerar cambios en la infraestructura de la bodega, es ubicar primero los productos A, en las perchas #1 hasta #5, seguidos de los productos tipo B, en las perchas #6 y #7, y por último los artículos tipo C. En cada bodega las materias primas serán ubicadas en los primeros racks, seguidas del producto en proceso. Para el producto terminado de consumo local se destina la segunda área de la bodega de producto local, el producto terminado para exportación será ubicado en los últimos racks de la bodega de depósito

industrial. La empresa deberá realizar una adecuación de la infraestructura de sus bodegas para mejorar la utilización del espacio y la distribución de sus productos.

- Con los métodos de control la empresa obtendrá primero datos más exactos de los inventarios y mejorará el nivel del servicio al cliente. Para los artículos clasificados A se realizará un recuento cíclico, cada que vez que se emita una reorden. Para los artículos B se hará un recuento periódico cada trimestre al final del día. Los artículos tipo C mantendrán un recuento periódico semestral debido al porcentaje que representan con respecto a las ventas. Con estos métodos se harán los ajustes necesarios cuando haya necesidad de importar o producir más productos y se harán los ajustes necesarios cuando haya diferencias entre los inventarios reales y los dados por el sistema
- En el año 2002 se obtuvo un valor del 92% en exactitud de inventario, teniendo como meta mínima un 95% de exactitud en inventario para el año 2003 de los productos de demanda independiente y un 92% para los productos de demanda

dependiente. La rotación de inventarios del año 2002 fue de 130 días para productos importados, 140 días para la materia prima y 120 días para producto en proceso y producto terminado. Como meta de la organización se requiere llegar a los siguientes valores de rotación de inventarios por línea de productos:

- Productos de papelería (bolígrafos, lápices, marcadores): 90 días
- Afeitadoras: 70 días
- Encendedores: 65 días
- Materia Prima: 60 días
- Producto en Proceso y producto terminado: 30 días

La empresa deberá continuamente mejorar estas medidas de desempeño.

- En este estudio se realizó el análisis del sistema de inventarios de los artículos de demanda independiente clasificados como A debido a su importancia con respecto a las ventas, por lo que se recomienda que en un futuro la organización realice el mismo estudio para los artículos clasificados como B y C.



- Se recomienda obtener estadísticas para cada artículo para los valores del Costo por ordenar A y el Costo anual de mantenimiento i , que se requieren para calcular la cantidad de Lote económico o EOQ y de esta forma obtener datos más precisos.
- La empresa también deberá obtener los valores de tiempo de entrega de los productos importados para poder hacer ajustes en un futuro y determinar los tiempos de entrega reales para cada artículo.

