

300617

5
20



UNIVERSIDAD LA SALLE

**Escuela de Ingeniería
Incorporada a la U.N.A.M.**

**"MODIFICACION PARA LA
IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE
PRODUCCION EN UNA LINEA DE
LLENADO DE ACEITE LUBRICANTE"**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

SERGIO PLATONOFF CASTILLO

**ASESOR DE TESIS :
ING. JOSE CAJIGAS RONCERO**

MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD LA SALLE

Al Pasante Señor:

Sergio Platonoff Castillo

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Señor Ing. José Manuel Cajigas Roncero, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con Área Principal en Ingeniería Industrial.

"MODIFICACIONES PARA LA IMPLANTACION DE UN SISTEMA DE PRODUCCION EN UNA LINEA DE LLENADO DE ACEITE LUBRICANTE"

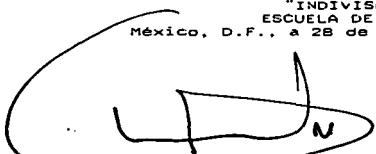
con el siguiente índice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	PLANEACION DE LA DEMANDA
CAPITULO II	CONTROL Y ADMINISTRACION DE LOS INVENTARIOS
CAPITULO III	PLANEACION DE LA PRODUCCION
CAPITULO IV	ESTUDIO DE TIEMPOS
CAPITULO V	ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL
CAPITULO VI	DISEÑO DE LA SOLUCION
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A T E N T A M E N T E
"INDIVISA MANENT"
ESCUELA DE INGENIERIA

México, D.F., a 28 de Noviembre de 1996



ING. JOSE MANUEL CAJIGAS RONCERO
ASESOR DE TESIS



ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS
D I R E C T O R

GRACIAS

Gracias a Dios:

- Por la oportunidad de vivir.
- Por tenerme siempre a su lado y por tomarme de la mano en los momentos difíciles.

Gracias a Mis Padres:

Sergio y Ana Maria

- Nunca tendré lo suficiente para pagarles sus enseñanzas y su apoyo en todos mis proyectos.

Gracias a Mi Esposa:

Yunuen

- Nunca hubiera logrado concluir este trabajo sin tu cotidiana insistencia de lo que significará esto para nosotros.
 - Gracias por tu Amor infinito.
-

**Este trabajo lo dedico especialmente a
mi Padre por que se lo que representa
para El ver este proyecto terminado.**

Con todo mi Amor.

**A ti Nicole por ser mi motivo e
inspiración aún antes de nacer.**

Gracias a mis hermanos:

Ana Laura, Jorge, Andrés y Verónica

- Nuestra unidad siempre me ha motivado a seguir creciendo y nunca defraudarlos.

Gracias a Mis Abuelitos:

Nicolás y Katy

- Sus ejemplos en mi vida han sido motor en todo momento, espero algún día poder dejar de herencia la calidad humana que ustedes nos heredan.

Gracias a Mis Abuelitas:

Lucha y Graciela

- Su fortaleza en la vida han hecho que la estabilidad en la familia sea base de tantos logros
-

Gracias a Mi amigo:

Victor M. Franco Paredes

- **La amistad es un valor que no se compara con nada.**
- **Gracias por tus consejos oportunos.**

Gracias a Mis Tíos y Primos:

- **El cariño que siempre me han dado, no tiene precio.**
- **Gracias por ser tan buenos conmigo.**

Gracias a Mis Compañeros Universitarios:

- **Aunque ya no los tengo Gracias por tantas horas de estudio y desvelo.**
-

Gracias a San Juan Bautista de la Salle:

- **Estoy seguro que su mano llena de amor y sabiduría esta en este trabajo.**
- **Un Santo milagroso.**

Gracias a Mi Universidad La Salle:

- **Espero algún día poder pagar sus conocimientos.**
- **Me superaré para devolver más de lo que me llevo.**

GRACIAS

INDICE

INTRODUCCIÓN	6
I. PLANEACIÓN DE LA DEMANDA	10
1.1 REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS.....	11
1.2 EL HORIZONTE DE TIEMPO EN LA PLANEACIÓN.....	13
1.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	16
1.4 COMPONENTES DE LA DEMANDA.....	17
1.5 CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE PRONÓSTICO.....	18
1.5.1 <i>Métodos extrapolativos</i>	19
1.5.2 <i>Métodos causales</i>	20
1.5.3 <i>Métodos estimativos</i>	23
1.6 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE NORMALIZACIÓN EXPONENCIAL.....	26
1.6.1 <i>El promedio móvil</i>	28
1.6.2 <i>Por qué la selección de la normalización exponencial</i>	31
1.6.3 <i>Normalización exponencial</i>	32
1.6.4 <i>Propiedades del modelo de normalización exponencial</i>	36
1.6.5 <i>Determinación de error en los pronósticos</i>	38
1.7 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN.....	40
1.8 ERRORES EN EL PRONÓSTICO.....	50

1.9 RECOMENDACIÓN SOBRE EL USO DEL MODELO DE TENDENCIA ADITIVA Y ESTACIONALIDAD PROPORCIONAL	52
1.9.1 Modelo con tendencia aditiva	53
1.9.2 Modelo de estacionalidad proporcional	55
1.9.3 Tendencia aditiva y estabilidad proporcional	58
1.10 PLANEACIÓN DE LA DEMANDA PARA EL PRÓXIMO PERIODO	61
2. CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS	63
2.1 DEFINICIÓN DE INVENTARIO	63
2.2 FUNCIONES DE LOS INVENTARIOS	67
2.2.1 Clasificación de los inventarios	69
2.3 COSTOS EN LOS INVENTARIOS	71
2.3.1 Costo de pedido	71
2.3.2 Costo de tenencia de inventarios	75
2.3.3 Costo de agotamiento de existencias	79
2.3.4 Costos asociados con la capacidad	80
2.4 DISTRIBUCIÓN POR EL VALOR (CLASIFICACIÓN ABC)	81
2.4.1 Productos terminados	84
2.4.2 Materias primas	86
2.4.3 Aplicaciones de la Clasificación ABC	92
2.5 EL TAMAÑO ECONÓMICO DE LOTE	95
3. PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	99
3.1 PLANEACIÓN AGREGADA	99
3.2 COSTOS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA	102
3.3 ESTRUCTURA DE LA PLANEACIÓN	106

3.4 TOMAS DE DECISIÓN EN LA PLANEACIÓN AGREGADA	110
3.4.1 Inventarios de seguridad y requerimientos máximos.....	113
3.4.2 Alternativas de planeación.....	114
3.5 GRÁFICAS ACUMULATIVAS.....	128
3.6 CONCILIACIÓN ENTRE PRODUCCIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y FINANZAS.....	129
3.7 CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE	130
4. ESTUDIO DE TIEMPOS.....	133
4.1 CONCEPTOS GENERALES	133
4.2 ESTUDIO DE TIEMPOS.....	136
4.2.1 Selección del operario.....	139
4.2.2 Registro del tiempo de cada elemento.....	139
4.2.3 Separación de elementos.....	144
4.3 TIPOS DE ELEMENTOS	146
4.4 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	147
4.5 TOMA DE TIEMPOS-CRONOMETRAJE	147
4.5.1 Valoración del operario.....	151
4.5.2 Curva de aprendizaje.....	155
4.6 MÉTODOS DE CALIFICACIÓN	157
4.6.1 Sistema Westinghouse.....	157
4.6.2 Calificación simétrica.....	160
4.6.3 Calificación por velocidad.....	161
4.6.4 Calificación objetiva.....	161
4.7 ANÁLISIS DE LAS CALIFICACIONES	162
4.8 SUPLEMENTOS O TOLERANCIAS	163

4.8.1 Retrasos personales	165
4.8.2 Fatiga.....	165
4.9 TOLERANCIAS ADICIONALES O EXTRAS	169
4.10 TIEMPO ESTÁNDAR	169
5. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	170
5.1 DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DE ENVASADO.....	171
5.2 CONTROL DE PRODUCCIÓN	176
5.3 ABASTECIMIENTO DE MATERIALES A LAS LÍNEAS.....	181
5.3.1 Manejo de materiales.....	181
5.3.2 Almacenamiento de los materiales.....	184
5.4 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN.....	186
5.5 CONDICIONES DE TRABAJO	191
5.5.1 Prevención y protección contra los incendios	192
5.5.2 Local de trabajo.....	193
5.5.3 Orden y limpieza.....	194
5.5.4 Iluminación	196
5.5.5 Ruido.....	197
5.5.6 Condiciones climáticas	198
5.6 CONTROL DE CALIDAD.....	199
6. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	203
6.1 DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE LA ÁREA DE ENVASADO	204
6.2 CONTROL DE PRODUCCIÓN	208
6.3 ABASTECIMIENTO DE MATERIALES A LAS LÍNEAS.....	212
6.3.1 Manejo de materiales.....	213

6.3.2 Almacenamiento de materiales	216
6.4 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN.....	218
6.4.1 Diagrama de operaciones de proceso.....	218
6.4.2 Diagrama de curso de proceso	218
6.5 CONDICIONES DE TRABAJO	219
6.5.1 Prevención y protección contra los incendios	221
6.5.2 Local de trabajo.....	222
6.5.3 Orden y limpieza.....	223
6.5.4 Iluminación	225
6.5.5 Ruido.....	227
6.5.6 Condiciones climáticas	228
6.6 CONTROL DE CALIDAD.....	229
CONCLUSIONES	231
BIBLIOGRAFÍA	234

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cualquier empresa actualmente está basado en su eficiencia operativa y en la capacidad de ser flexible ante los requerimientos de los clientes. En nuestros días los mercados están siendo enfocados principalmente hacia las necesidades y los beneficios del cliente, lo cual requiere sistemas de producción mejor diseñados, manejados y controlados.

El objetivo de esta tesis es demostrar el enunciado anterior mediante herramientas de control de la producción e inventarios y de estudios del trabajo. Puesto que este campo es bastante amplio sólo me referiré a los puntos clave que llevan a la demostración de este proyecto.

El tema se refiere a una pequeña fábrica de aceites cuyo incremento en las ventas le ha generado problemas significativos en el manejo de las operaciones de manufactura (se denominan así las relacionadas con la fabricación del producto), es decir, en la organización se presentaron desarrollos de todas la áreas, menos la producción, lo cual obviamente la hace que sea la menos eficiente y productiva.

En el desarrollo de este trabajo se encontrarán descritas herramientas que la Ingeniería Industrial proporciona para lograr un mejor control y una más eficiente programación de la producción.

Esta empresa cuenta con tres líneas de envasado de botellas de 950 ml. en las cuales se elaboran 18 productos de línea. El caso práctico de esta tesis no se enfocará a la producción del aceite, aunque propondrá algunas modificaciones para mejorar el sistema de programación de la producción. Por lo tanto, nuestro objetivo es demostrar con cambios sustanciales que la ingeniería aplicada a los métodos de trabajo redundan en resultados inmediatos.

Debemos entender como sistema productivo aquel medio por el cual se transforman insumos para obtener productos y servicios útiles como resultado. La secuencia insumo-conversión-producto es una manera muy útil de conceptualizar los sistemas productivos, comenzando con la unidad más pequeña de actividad productiva, a la que le llamaré operación.

Dentro de nuestro sistema productivo la manufactura se hace para cubrir inventario y no para atender un pedido; esto es muy importante para el futuro manejo de los inventarios. Actualmente la gerencia general de esta fábrica establece un inventario mínimo de 3 meses para materias primas, el cual a simple vista es exagerado, pero si tomamos en cuenta los factores internos y

externos que aquejan a la compañía podremos entender esta situación. Este es el segundo objetivo del presente trabajo: demostrar que se pueden aplicar sistemas para el control de factores ajenos a la línea de producción como son la programación de producción y el control de inventarios, considerando estas herramientas seguramente lograremos disminuir los inventarios mejorando el sistema de compras que hasta el momento se viene manejando de manera apreciativa, lo cual origina problemas comunes en este tipo de manejo de inventarios. El inventario de producto terminado no está sometido a una política estricta de control, sino que se basa exclusivamente en el espacio disponible para el material, de tal manera que también genera grandes problemas, ya que en algunos casos las requisiciones de los clientes sobrepasan la capacidad de almacenamiento del producto.

Dentro de la conversión, es decir, el envasado, no existen métodos estrictos de producción, lo cual provoca que un día se produzca el doble que otro, en muchos casos de acuerdo con la conveniencia de los operadores. Con base en la premisa de que el fin no justifica los medios debemos entender que no basta sólo con cumplir el requisito, sino que se requiere un adecuado sistema para eliminar problemas y confusiones en producción.

Tomando entonces en consideración este tipo de problemas se podrá aplicar sin duda la Ingeniería Industrial para disminuir o eliminar problemas que se han generado por el crecimiento desequilibrado en una empresa.

1. PLANEACIÓN DE LA DEMANDA

(El "PLANEACION DE LA DEMANDA") Para que exista un adecuado control de la producción y las operaciones se necesita una estimación de la demanda para cada uno de los productos que el departamento de producción espera suministrar en un corto plazo. Se ha desarrollado una gran cantidad de métodos para afrontar la difícil tarea de pronosticar. Dentro de este capítulo se describe principalmente el método de normalización exponencial, por ser el que elegí para configurar el pronóstico más cercano posible a las necesidades del departamento.

Seleccioné este método debido a que no existen valores históricos por más de un año de la demanda de productos; es por ello que no se usó el modelo de tendencia aditiva y estacionalidad proporcional, que sería el más adecuado, pues sabemos que existen periodos con mayor demanda, sobre todo algunos productos de demanda inconstante.

1.1 Requisitos para la elaboración de pronósticos

{El "1.1. Requisitos para la Elaboración de Pronósticos\":"}La planeación y el control de las operaciones se llevan a cabo en distintos niveles. Por tanto, es poco probable que una clase de pronósticos satisfaga todas las necesidades. Se requieren pronósticos con distintos horizontes de tiempo para servir como base para planes de la gerencia desarrollados con distintos horizontes de planeación. Estos pronósticos incluyen:

- Planes para las operaciones actuales y para el futuro inmediato.
- Planes a mediano plazo para estimar las capacidades de personal, materias primas y equipo requerido para el periodo de que se trate.
- Planes a largo plazo para la determinación de la capacidad, las localizaciones, cambios en los productos, así como para el desarrollo de nuevos productos.

El horizonte del pronóstico debe corresponder a la decisión a la cual afecta este último. Si la decisión se relaciona con actividades que serán realizadas durante los próximos tres meses, un pronóstico para un mes no

tendrá ningún valor. Por otra parte, es poco conveniente seleccionar un modelo de elaboración de pronósticos para decisiones que se toman diaria o semanalmente con un grado aceptable de error en una base mensual o anual pero con poca precisión para proyecciones diarias o semanales. Por lo tanto, uno de los principales criterios que se adoptaron para la selección de un modelo fue el acoplamiento entre el tiempo para la decisión, el horizonte del pronóstico y la precisión del mismo.

En nuestro caso concreto es muy importante señalar que se determinará un horizonte de planeación mensual, ya que la toma de decisiones sobre el periodo productivo es mensual. Al desarrollar planes para las operaciones actuales y para el futuro inmediato, el grado de detalle en la elaboración de pronósticos es elevado. Los datos del pronóstico deberán estar disponibles en una forma tal que pueda ser traducida a demandas de materiales, habilidades específicas de trabajo y tiempo de uso del equipo de llenado.

Para la toma de decisiones a corto plazo, como en nuestro caso, se necesita contar con métodos para la elaboración de pronósticos cuya instalación y mantenimiento sean relativamente económicos y que puedan ser adaptados a situaciones que abarcan un gran número de productos a pronosticar. Esto significa que los requisitos para el ingreso y almacenamiento de datos deben ser modestos y que los métodos computarizados constituyen

el mecanismo más viable para actualizar los datos del pronóstico según se requiera. En este caso la disposición de información es sumamente complicada, pues a pesar de contar con toda la información en un sistema computarizado no se puede tener acceso a ella fácilmente debido a la falta de flexibilidad del sistema, así que para la búsqueda de información de ventas se procedió a revisar los acumulados mensuales que ofrece el sistema desde enero de 1992.

En los planes a mediano y largo plazos las situaciones son diferentes; por ejemplo, en el caso de los pronósticos a largo plazo, debido al mayor tiempo comprendido, éstos necesariamente tendrán un mayor grado de incertidumbre y un menor grado de precisión. Con frecuencia la aplicación mecánica de un modelo no es suficiente para obtener el pronóstico deseado y se requerirán apreciaciones subjetivas de los ejecutivos y otras personas expertas. El método para la elaboración de pronósticos deberá, por tanto, tener la capacidad para integrar datos objetivos y aportaciones subjetivas.

1.2 El horizonte de tiempo en la planeación

Aparte de los requerimientos de los pronósticos y la necesidad de los pronósticos de diferente duración existe la cuestión del horizonte de tiempo apropiado, particularmente para el pronóstico que sirva de base a los planes de operación actuales. Nos interesan estas dos cuestiones interrelacionadas: ¿Hasta dónde debemos sondear el futuro cada vez que tengamos que decidir la magnitud de los niveles de inventario, producción y capacidad instalada? ¿En qué incrementos debe dividirse este horizonte de planeación? Son cuestiones prácticas de toda organización, y las respuestas a ellas dependen de factores tales como el comportamiento del mercado y de los proveedores de materias primas, así como de la naturaleza de las operaciones y los controles internos.

Debido a que el mercado en el que competimos es estacional por alguna razón, este factor puede ser decisivo en la selección de un horizonte de tiempo para la planeación. Si se escoge un periodo de planeación que termine precisamente en medio del momento máximo de la estación de mercadeo no hay duda de que se dificultará grandemente cualquier proceso de planeación racional. Por ejemplo, el momento máximo de la estación de mercadeo es diferente en el caso del aceite Racing SAE 40 al del aceite 2 Tiempos 50/1. La estación de mercadeo del aceite Hidráulico se ve fuertemente influida por los periodos anuales de cosecha en el campo. Los planes integrales deben tomar en cuenta el patrón estacional.

La naturaleza interna de nuestro negocio o actividad puede tener un efecto importante sobre el horizonte de tiempo. Uno de los factores importantes es simplemente el tiempo de entrega de la producción, que varía desde unas pocas horas en algunas operaciones sencillas de mezclado, hasta semanas y meses en la formulación, la preparación y el control de calidad de algunos productos especiales. Cuando el tiempo de entrega de la producción es corto puede estarse en posibilidad de reaccionar rápidamente ante los cambios de las influencias externas, como las del mercado. En cambio, si el tiempo de entrega de la producción es de seis meses resulta difícil considerar un incremento menor que éste en el horizonte de la planeación del tiempo.

El año fiscal es probablemente el horizonte de tiempo para la planeación más común, a causa de los requerimientos de la tradición y del impuesto federal al ingreso. Las prácticas de dirección interna pueden influir grandemente en los problemas de planeación y control de los sistemas producción-inventario. Por ejemplo, la práctica común de reducir los inventarios justamente antes de la terminación del año fiscal, debe ser tomada en cuenta por los responsables de la planeación de los inventarios y de la producción. Concretamente las políticas internas de la compañía no se ven afectadas por este tipo de decisiones, aunque ésta sería una recomendación importante, ya que como he mencionado el tiempo promedio de acumulación de inventarios es de 2.6 meses.

1.3 Sistemas de Información

Es importante considerar no solamente la información que contiene el pronóstico, sino también la utilidad de ésta a la luz de la dinámica del sistema general de información y de los efectos de los retrasos del sistema. Si consideramos la estructura del sistema de información de etapas múltiples indicado en la figura 1-1 observaremos que todo cambio de la demanda se transmitirá hacia atrás a lo largo de una cadena de retrasos que suman 43 días. Evidentemente, cuando un planeador de producción de la fábrica advierte un aumento o una disminución de la demanda, según los pedidos que se reciben del almacén de la fábrica, tiene frente a él un problema falso. Ese problema ya pasó para poder actuar oportunamente y hasta es posible que la situación se haya invertido para este momento.

Una forma de abreviar el sistema de información consiste en hacer que la fábrica responda a pronósticos directos de la demanda, en lugar de hacerlo a través de la cadena de la demanda. Por supuesto, todavía existe el retraso requerido para formular y reunir el pronóstico, pero en este caso se trata de un retraso mucho más breve.

El diseño de un sistema de pronósticos no puede terminar con el diseño de un excelente modelo estadístico que tenga en cuenta los efectos de tendencia, estacionales y al azar. Realmente son fundamentales los aspectos técnicos del modelo de pronósticos, pero si se proporciona un pronóstico perfecto mediante un sistema de retardos, el personal que intente planear la producción y controlar los inventarios pensará que ese pronóstico carece casi totalmente de valor. La esencia de un sistema de pronósticos consiste en proporcionar retroalimentación de información en forma rápida y certera donde se necesite, para poder prever siempre que sea posible los cambios de la demanda que se reflejarán hacia atrás a lo largo de las etapas del sistema.

Como podemos observar, el valor de un sistema de pronósticos está íntimamente ligado al sistema general de información. Pero no se podrán hacer buenos pronósticos sin prestar atención cuidadosa a los detalles estadísticos del modelo de pronósticos.

1.4 Componentes de la demanda

Antes de entrar en materia definiré el término *pronóstico* como la proyección del pasado hacia el futuro. A primera vista esto parece satisfacerse simplemente con una técnica de "fijar y dibujar", en la que se observe el

pasado inmediato y se calculen o dibujen líneas del mejor ajuste que indiquen, mediante una simple extrapolación, el pronóstico para el período siguiente. Efectivamente, esta técnica podría funcionar en las situaciones muy simples y estadísticamente bastante estables. Sin embargo, es evidente que, por lo general, esto no es tan sencillo, pues de otro modo los directores no crearían que el pronóstico representa un problema difícil, y tampoco se habría desarrollado este campo técnico. Hay varias clases diferentes de situaciones básicas más sus combinaciones, y es alrededor de ellas es donde se ha desarrollado la metodología de los pronósticos. Me refiero a situaciones básicas como las "componentes de la demanda". Por medio de éstas podemos describir cualesquiera combinación de situaciones que encontremos. Las componentes son: la demanda media, las tendencias promedio, los patrones estacionales, los patrones cíclicos y las variaciones al azar alrededor de este patrón básico, caracterizado por el promedio, la tendencia, lo estacional y el ciclo. Las variaciones cíclicas, que se refieren al concepto del ciclo económico, escapan a nuestro campo y no las examinaré en el presente trabajo.

1.5 Clasificación de los métodos de pronóstico

{El "1.2. Clasificación de Métodos de Pronóstico.} Los métodos para la elaboración de pronósticos pueden ser divididos en tres categorías principales:

- Métodos extrapolativos**
- Métodos causales o explicativos**
- Métodos cualitativos o estimativos**

En algunos casos una combinación de estos métodos puede resultar más, conveniente que la aplicación de uno sólo de ellos.

1.5.1 Métodos extrapolativos

Los métodos extrapolativos utilizan el historial de la demanda para elaborar un pronóstico. El objetivo de estos métodos es identificar la secuencia en los datos históricos y extrapolar esta secuencia hacia el futuro. Si el horizonte de tiempo para el cual se elabora el pronóstico es corto, los métodos extrapolativos tienen un desempeño bastante adecuado. Entre los métodos extrapolativos existen principalmente dos:

- a) Método de promedio móvil
- b) Método de normalización exponencial.

Este último tiene diferentes modelos, como el de tendencia aditiva o lineal, el de estacionalidad proporcional o el modelo que toma la tendencia y la estacionalidad. Más adelante explicaré las funciones de cada método, pues éste fue el que seleccioné para realizar los pronósticos de consumos y producción.

1.5.2 Métodos causales

Los métodos causales para la elaboración de pronósticos suponen que la demanda de un artículo depende de uno o más factores independientes. Estos métodos buscan establecer una relación entre la variable a ser pronosticada y ciertas variables independientes. Una vez establecida esta relación pueden pronosticarse los valores futuros simplemente asignando los valores adecuados para las variables independientes.

Cuando se cuenta con suficiente datos históricos y experiencia, puede ser factible relacionar los pronósticos con ciertos factores económicos que provocan las tendencias, estacionalidades y fluctuaciones. En esta forma, si pueden medirse los factores causales y determinarse sus relaciones con el producto, podrán calcularse pronósticos de considerable precisión.

Los factores empleados en los métodos causales son de varios tipos: ingresos disponibles, producción nacional de automóviles y camiones, inicio de tiempos de cosecha, inventarios e índices de costo de vida, así como predicciones de factores dinámicos y disturbios tales como huelgas, acciones de los competidores y campañas de promoción de ventas. El modelo causal de pronóstico expresa relaciones matemáticas entre los factores causales y la demanda para el artículo del cual se elabora un pronóstico. Existen dos tipos generales de modelos causales:

- a) Análisis de regresión
- b) Métodos econométricos

1.5.2.1 Análisis de regresión

La elaboración de pronósticos con base en métodos de regresión establece una función de estimación de pronósticos denominada ecuación de regresión. La ecuación de regresión expresa la serie que se pronosticará en términos de otras series que se presupone controlan las ventas o provocan que éstas aumenten o disminuyan. El racional puede ser general o específico. Por ejemplo, en el caso de las ventas de aceite Multigrado 20W/40 (producto caro) podría postularse que las ventas están relacionadas con los ingresos personales disponibles: si el ingreso personal disponible es elevado, las ventas aumentarán y si los consumidores tienen menos dinero para gastar las ventas disminuirán. El establecimiento de la relación empírica se logra mediante la ecuación de regresión. Para considerar factores adicionales podría postularse que las ventas de aceite Multigrado 20W/40 están condicionadas hasta cierto punto por el número de nuevos automóviles que circulan y por el número de litros que éstos requieran. Ambos son indicadores específicos de la posible demanda de este tipo de aceite. El análisis de regresión se divide en regresión simple y regresión múltiple.

1.5.2.2 Métodos econométricos

En los términos más sencillos, los métodos econométricos para la elaboración de pronósticos son una extensión del análisis de regresión e incluyen un sistema de ecuaciones de regresión simultánea. Hasta ahora los métodos econométricos han sido usados en su mayor parte en conexión con productos relativamente maduros para los cuales existe un registro histórico considerable en la industria y para amplios pronósticos económicos. Se han desarrollado modelos econométricos de la industria para pronosticar la actividad en la industria de productos forestales. Además, los modelos para elaborar pronósticos de la economía desarrollados en la Universidad de California en Los Ángeles y en Wharton School son modelos econométricos.

1.5.3 Métodos estimativos

Los métodos estimativos dependen de la opinión de los ejecutivos o gerentes para realizar una predicción para el futuro. Estos métodos son útiles para elaborar pronósticos de mediano a largo plazos. El uso de un juicio estimativo para la elaboración de pronósticos parece a primera vista poco científico y apropiado. Sin embargo, cuando no se cuenta con datos históricos o cuando éstos no son representativos del futuro, existen pocas alternativas adicionales al uso de la opinión autorizada de personas expertas.

En esta época de las ciencias administrativas y las computadoras, ¿por qué debemos recurrir a métodos estimativos para elaborar algunas de las predicciones más importantes de la futura demanda de productos, predicciones sobre cuáles son los riesgos presentes en las grandes inversiones en instalaciones y en desarrollo de mercados? La respuesta es que en aquellos casos en que no se cuenta con registros históricos, los métodos estadísticos no tienen ninguna validez. Además, los datos históricos, incluso cuando existen, pueden no ser representativos de las condiciones futuras. Algunas de las pruebas que pueden llevarse a cabo son estimaciones de la forma en que piensan las personas, muestreos de cómo reaccionan ante las pruebas de mercado, el conocimiento del comportamiento de los consumidores analogías con situaciones similares. Considerando esta situación, el enfoque más científico es ordenar tanto como sea posible estos tipos de apreciaciones. No es posible crear datos que no existen. Los métodos cualitativos tienen una importancia considerable, entonces, porque establecen las bases para algunas decisiones importantes. Un ejemplo de los métodos estimativos puede ser el método *Delphi*, aunque también existen las investigaciones de mercado, los análisis de analogías históricas y del ciclo de vida y la elaboración de pronósticos basados en escenarios.

1.5.3.1 Método Delphi

El pronóstico tecnológico es un término que se usa en conjunción con las predicciones a más largo plazo, y la técnica Delphi es la metodología que se emplea con frecuencia como el vehículo para la elaboración de estos pronósticos. El objetivo de la técnica Delphi es incursionar en el futuro con la esperanza de anticipar nuevos productos y procesos en el rápidamente cambiante entorno de la cultura y la economía de nuestros días. Dichas predicciones también pueden ser usadas para estimar tamaños de mercado y calendarización a corto plazo.

La técnica Delphi recurre a un panel de expertos en forma tal que elimina el dominio potencial de los más prestigiados, los más expresivos y los mejores vendedores. El objetivo es obtener la opinión de los expertos a manera de consenso en lugar de en la forma de un acuerdo. El resultado es un juicio compartido, en el cual pueden apreciarse tanto el rango de la opinión como las razones para las diferencias de opinión. La técnica Delphi fue desarrollada inicialmente por RAND Corporation como un medio para lograr esta clase de resultados. En contraste con las conferencias y los paneles en los que los participantes están en comunicación directa, esta técnica elimina los efectos indeseables de la interacción de grupo.

El panel de expertos puede ser organizado en varias formas y con frecuencia incluye a individuos tanto pertenecientes como no pertenecientes a la organización. Cada uno de los miembros del panel es un experto en algún aspecto del problema, pero ninguno es experto en todo el problema. En general, el procedimiento comprende lo siguiente:

1. Cada experto en el grupo realiza predicciones independientes en la forma de enunciados breves.
2. El coordinador edita y clarifica estos enunciados.
3. El coordinador provee a los expertos una serie de preguntas escritas que incluyen la retroalimentación suministrada por los otros expertos.
4. Los pasos 1 a 3 se repiten varias veces. En la práctica generalmente se obtiene la convergencia después de un número reducido de iteraciones.

1.6 Aplicación del método de normalización exponencial

Debido a la falta de información que tenemos sobre el comportamiento histórico de la demanda de los productos que es necesario pronosticar y

debido a que el horizonte de planeación que requerimos es muy corto (mensual), practicaremos a este análisis de la demanda el método de extrapolación con base en la normalización exponencial. Antes de explicar las causas del uso de este método es necesario exponer uno de los métodos más sencillos de extrapolación: el promedio móvil.

1.6.1 El promedio móvil

El método extrapolativo más sencillo es el de promedio móvil. En este método son necesarios dos pasos simples para elaborar un pronóstico para el siguiente periodo a partir de datos históricos.

Paso 1. Seleccionar el número de periodos para los cuales se computarán promedios móviles. Este número, N , se denomina orden de promedio móvil.

Paso 2. Tomar la demanda promedio para los N periodos más recientes. Esta demanda promedio se convierte entonces en el pronóstico para el siguiente periodo.

Para ilustrar este método considérense los datos de demanda para el producto Racing SAE 50 que cumplió con una demanda de la siguiente manera:

Mes	Demanda
Feb.	12,228
Mar	13,200
Abr.	16,788
May.	14,735
Jun.	13,488

El propósito es establecer un pronóstico para el mes de julio.

Paso 1. Elegir $N=4$. También pueden elegirse otros valores. Los valores de N más grandes tendrán un mayor efecto de amortiguación sobre las fluctuaciones aleatorias de la demanda. Valores más pequeños de N enfatizarán la historia más reciente de la demanda. Debe notarse que $N = 1$ resultará en que la demanda para el periodo actual sea el pronóstico para el siguiente periodo.

Paso 2. Encontrar la demanda promedio para los cuatro periodos más recientes, $N=4$. Por lo tanto, el promedio móvil será igual a la suma de los meses marzo, abril, mayo y junio divididos entre 4.

$$\text{Promedio Móvil} = (13,200+16,788+14,735+13,488) / 4$$

$$\text{Promedio M\u00f3vil} = 58,211 / 4$$

$$\text{Promedio M\u00f3vil} = 14,552.75$$

El pron\u00f3stico para Julio es entonces de 14,552.75 unidades.

Ahora tomemos la demanda real para el mes de julio, que fue de 18,828 unidades. El pron\u00f3stico para agosto se calcula tomando la demanda promedio para abril, mayo, junio y julio. Este pron\u00f3stico ser\u00e1:

$$\text{Promedio M\u00f3vil} = (16,788 + 14,735 + 13,488 + 18,828) / 4$$

$$\text{Promedio M\u00f3vil} = 63,839 / 4$$

$$\text{Promedio M\u00f3vil} = 15,959.75$$

Una vez seleccionada N , el nuevo promedio m\u00f3vil para cada periodo futuro es calculado tomando la demanda promedio para los N periodos m\u00e1s recientes. La desventaja de este m\u00e9todo es que requiere el almacenamiento de datos de demanda para N periodos por cada producto. En una situaci\u00f3n de producci\u00f3n en la que deben obtenerse pron\u00f3sticos para un gran n\u00famero de art\u00edculos, estos requisitos de almacenamiento ser\u00edan significativos. M\u00e1s a\u00fan,

este método no suministraría pronósticos adecuados si los datos de la demanda reflejan componentes de tendencia o estacionales. Por ejemplo, si existe una tendencia ascendente en los datos, entonces un pronóstico elaborado con el método de promedio móvil subestimaría la demanda real.

El método de promedio móvil da un peso igual a la demanda en cada uno de los N periodos más recientes. Sin embargo, puede modificarse el método asignando un peso distinto a cada periodo previo. Los métodos de normalización exponencial que se analizan a continuación son convenientes para lograr la ponderación diferencial de la demanda en periodos previos. Además, estos métodos pueden incorporar componentes de tendencia y estacionalidad de la demanda en la elaboración del pronóstico.

1.6.2 Por qué la selección de la normalización exponencial

Los métodos de normalización exponencial son particularmente atractivos en aplicaciones de producción y operaciones que incluyen la elaboración de pronósticos para un gran número de productos. Este método es el que mejor funciona debido a que actúa bajo las siguientes condiciones:

- El horizonte para el pronóstico es relativamente corto.
- Existe poca información externa disponible acerca de las relaciones causa-efecto entre la demanda de un producto y factores independientes que influyen sobre ella.
- La actualización del pronóstico conforme van surgiendo nuevos datos es fácil y puede lograrse simplemente con cargar los nuevos datos.
- Es deseable que el pronóstico pueda ajustarse en cuanto a aleatoriedad y permita seguir las tendencias y la estacionalidad.

Aunque el último punto no es aplicable en esta ocasión, se sugiere la manera de seguir el método conforme exista la acumulación de información en el sistema.

1.6.3 Normalización exponencial

El modelo de normalización exponencial más simple es aplicable cuando no existen componentes de tendencia o estacionalidad en los datos. En esta forma sólo el componente horizontal de la demanda está presente y, debido a

lo aleatorio de los datos, la demanda fluctúa alrededor de una "demanda promedio", la cual se ha denominado *demanda base*. Si la demanda base es constante de periodo a periodo, entonces todas las fluctuaciones en la demanda son causadas tanto por cambios en la base como en el ruido aleatorio. El objetivo clave en los modelos de normalización o redondeo exponencial es estimar la base y usar este estimado para pronosticar la demanda futura.

En el modelo básico de normalización exponencial la base para el periodo actual, S_t , se calcula modificando la base anterior al sumarle o restarle una fracción α (alfa) de la diferencia entre la demanda real actual D_t y la base anterior S_{t-1} . El estimado de la nueva base es:

Nueva base = Base anterior + α (Nueva demanda - Base anterior)

O indicado por medio de símbolos:

$$S_t = S_{t-1} + \alpha (D_t - S_{t-1})$$

(1)

La constante de normalización, α , se encuentra generalmente entre 0 y 1, y los valores usados más comúnmente se hallan entre 0.01 y 0.30. Para la aplicación de nuestro caso usaremos el valor de $\alpha = 0.25$ como estándar, aunque en algunos casos es recomendable la utilización de valores de α diferentes.

Para una mejor comprensión de la ecuación 1 interpretaremos que la nueva base se estima modificando la base anterior S_{t-1} , corrigiendo el error observado durante el periodo t . Denominamos a $(D_t - S_{t-1})$ un error observado para el periodo t porque D_t es la demanda real para el periodo t y S_{t-1} es el pronóstico para el periodo t .

La ecuación 1 puede ser reacomodada de la siguiente manera:

Nueva base = α (Nueva demanda) + $(1 - \alpha)$ (Base anterior)

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) S_{t-1}$$

(2)

De esta manera, la nueva base es estimada simplemente tomando un promedio ponderado de la nueva demanda D_t y de la base anterior S_{t-1} , a la cual la podemos considerar como la venta real del periodo anterior.

Para ilustrar la aplicación del modelo usaremos el cálculo de pronósticos para el producto Racing SAE 40. Haremos los cálculos, como ya mencioné, con un valor de $\alpha = 0.25$, la base $S_{feb.} = 79,360$ unidades (la cual es la venta real en el mes de febrero) y $D_{mar} = 87,517$ unidades (la cual es la demanda promedio anual antes de marzo). La nueva base o pronóstico para marzo se calcula utilizando la ecuación 2.

$$S_{mar} = 0.25 D_{mar} + 0.75 S_{feb.}$$

$$S_{mar} = 0.25 (87,517) + 0.75 (79,360)$$

$$S_{mar} = 81,399 \text{ unidades}$$

Hasta ahora, como hemos visto, puede estimarse una nueva base a partir de la información acerca de la nueva demanda promedio y de la base anterior una vez que se ha especificado alfa. Ahora será necesario elaborar un pronóstico para el siguiente periodo. En el modelo básico de normalización

exponencial, dado que los componentes de tendencia y estacionalidad no están incluidos en el modelo, se justifica la extrapolación directa para inferir un pronóstico. Por tanto, el pronóstico para cualquier periodo futuro se toma directamente de los datos de la demanda para un producto para los primeros meses. En este caso la elaboración del pronóstico es solamente para un periodo anticipado. Si deseáramos conocer el pronóstico para un periodo futuro tomaríamos el pronóstico respectivo en lugar de la venta real como valor de S_t .

1.6.4 Propiedades del modelo de normalización exponencial

El método es simple y requiere que se almacene un mínimo de información para cada artículo o partida. A diferencia del método de promedio móvil, para el cual deben almacenarse todas las N observaciones pasadas, el modelo de normalización exponencial requiere solamente dos datos: la demanda más reciente y la base anterior. El procedimiento puede ser automatizado fácilmente y el ingreso de datos en cada periodo es solamente la información de la nueva demanda.

La elección de alfa nos permite controlar la ponderación de la nueva demanda. Por ejemplo, si $\alpha = 0.1$, entonces la ecuación establece que la base

del periodo actual, S_t , será determinada sumando 10 por ciento de la nueva información de demanda real, D_t , y 90 por ciento de la base anterior. Debido a que la nueva cifra de demanda, D_t , incluye posibles variaciones aleatorias, se estará descontando 90 por ciento de esas variaciones. Obviamente, los valores pequeños de alfa tendrán un efecto de normalización más fuerte que los valores más grandes. De manera inversa, valores más grandes de alfa reflejarán más rápidamente los cambios reales en la demanda real. Así, si las fluctuaciones en la demanda se deben primariamente a la aleatoriedad, deberá seleccionarse un valor de alfa más pequeño. Si las fluctuaciones en la demanda se deben a una base cambiante, entonces deberá elegirse un valor más grande de alfa.

No puede saberse con precisión qué proporción de una fluctuación en la demanda se debe a un proceso aleatorio y qué proporción obedece a un cambio en la base. Los pronósticos basados en un valor grande de alfa fluctúan bastante, mientras que los pronósticos basados en un valor pequeño de alfa son más normales y fluctúan menos. También es posible llevar a cabo una prueba empírica en la que se haga variar a alfa y se calculen errores de pronóstico para diversos valores alternativos de alfa. El valor de alfa que produce el menor error en el pronóstico es el elegido; en este caso con base en la experimentación se obtuvo un valor ideal de alfa igual a 0.25.

1.6.5 Determinación de error en los pronósticos

Los errores de pronóstico son muy fáciles de identificar y se definen como:

e_t = Error de pronóstico

e_t = Demanda real para el periodo - Pronóstico para el periodo

Los errores de pronóstico proveen una medida de precisión y una base para comparar el desempeño de los modelos alternativos. Las medidas de error usadas más comúnmente son:

- 1. Error Promedio (AE)**
- 2. Desviación media absoluta (MAD)**
- 3. Error medio al cuadrado (MSE)**
- 4. Error porcentual medio absoluto (MAPE)**

El error promedio (AE) deberá ser cercano a cero para una muestra de mayor tamaño; si no se procede así, el modelo presentará ciertos prejuicios. Los prejuicios indican una tendencia sistemática a pronosticar valores altos o bajos para la demanda. Pero AE oculta la variabilidad, dado que los errores positivos y negativos se cancelan.

La desviación media absoluta (MAD) provee información adicional que resulta útil para seleccionar un modelo para la elaboración de pronósticos y sus parámetros. La MAD es simplemente la suma de todos los errores sin importar su signo algebraico, dividida entre el número de observaciones.

El error porcentual medio absoluto (MAPE) es una medida relativa que se calcula dividiendo el error del pronóstico por el periodo t entre la demanda real para el periodo t y después computando el porcentaje de error en el periodo t .

El porcentaje de error se suma ignorando el signo algebraico, y esta suma se divide entre el número de observaciones para obtener el MAPE. El MAPE suministra una idea de la desviación del pronóstico como un porcentaje de la demanda.

Para obtener la certeza de la funcionalidad del método de normalización exponencial se tomó la decisión de tomar el error promedio (AE) como el más válido, debido a que después de un cierto periodo dicho dato nos da la idea de la desviación del pronóstico contra la demanda real. Si el error promedio es bajo (menor de 5%) lo tomé aquí como un valor realmente bueno. A pesar de que existen valores que son mayores que el 5% establecido, los consideré de poca importancia por referirse a productos de escasa demanda.

1.7 Resultados de la aplicación

Para tener una mejor visión del pronóstico a continuación expongo los cálculos de la demanda para los 18 productos que fabrica el departamento.

Racing SAE 30

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error ^2	% Error
Ene	6,173	6,173				
Feb	6,225	6,276	6,173	103	10,609	1.64%
Mar	6,090	5,820	6,263	-443	196,360	-7.61%
Abr	5,620	4,212	5,887	-1,675	2,807,021	-39.78%
May	5,655	5,796	4,564	1,232	1,517,670	21.25%
Jun	5,569	5,136	5,761	-625	390,438	-12.17%
Jul	5,502	5,100	5,244	-144	20,796	-2.83%
Ago	5,506	5,532	5,200	332	109,916	5.99%
Sep	5,485	5,316	5,525	-209	43,851	-3.94%
Oct	5,495	5,592	5,358	234	54,691	4.18%
Nov	5,722	7,992	5,568	2,424	5,876,624	30.33%
Dic	5,749	6,048	7,425	-1,377	1,894,940	-22.76%
Error Prom:						-2.33%

Racing SAE 40

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	95,673	95,673				
Feb	87,517	79,360	95,673	-16,313	266,113,969	-20.56%
Mar	81,503	69,475	81,399	-11,924	142,184,757	-17.16%
Abr	81,170	80,172	72,482	7,690	59,137,382	9.59%
May	78,130	70,969	80,422	-9,453	89,349,756	-13.32%
Jun	78,732	76,740	73,009	3,731	13,918,869	4.86%
Jul	80,357	90,108	77,238	12,870	165,640,118	14.28%
Ago	81,729	91,332	87,670	3,662	13,408,936	4.01%
Sep	82,881	92,099	88,931	3,168	10,035,234	3.44%
Oct	84,820	102,274	89,794	12,480	155,738,614	12.20%
Nov	86,390	102,085	97,911	4,174	17,428,033	4.09%
Dic	86,635	89,337	98,161	-8,824	77,866,185	-9.88%
Error Prom:						-0.77%

Racing SAE 50

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	15,067	15,067				
Feb	13,648	12,228	15,067	-2,839	8,059,921	-23.22%
Mar	13,498	13,200	12,583	617	380,843	4.68%
Abr	14,321	16,788	13,275	3,513	12,344,097	20.93%
May	14,404	14,735	16,171	-1,436	2,062,635	-9.75%
Jun	14,251	13,488	14,652	-1,164	1,355,245	-8.63%
Jul	14,905	18,828	13,679	5,149	26,514,776	27.35%
Ago	14,984	15,540	17,847	-2,307	5,323,238	-14.85%
Sep	15,291	17,748	15,401	2,347	5,508,116	13.22%
Oct	15,275	15,132	17,134	-2,002	4,007,337	-13.23%
Nov	15,645	19,344	15,168	4,176	17,440,229	21.59%
Dic	15,668	15,912	18,419	-2,507	6,286,644	-15.76%
					Error Prom:	0.21%

Racing SAE 60

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	55,398	55,398				
Feb	54,513	53,627	55,398	-1,771	3,136,441	-3.30%
Mar	51,122	44,340	53,848	-9,508	90,409,195	-21.44%
Abr	51,250	51,636	46,035	5,601	31,366,534	10.85%
May	50,683	48,412	51,540	-3,128	9,781,647	-6.46%
Jun	51,409	55,040	48,980	6,060	36,727,842	11.01%
Jul	53,092	63,192	54,132	9,060	82,079,825	14.34%
Ago	54,989	68,268	60,667	7,601	57,774,658	11.13%
Sep	56,921	72,380	64,948	7,432	55,230,444	10.27%
Oct	59,462	82,324	68,515	13,809	190,678,508	16.77%
Nov	60,835	74,568	76,608	-2,040	4,163,334	-2.74%
Dic	60,680	58,972	71,135	-12,163	147,932,488	-20.62%
					Error Prom:	1.80%

Motor Lub SAE 40

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	7,329	7,329				
Feb	6,581	5,832	7,329	-1,497	2,241,009	-25.67%
Mar	6,535	6,444	6,019	425	180,519	6.59%
Abr	6,095	4,776	6,467	-1,691	2,858,636	-35.40%
May	5,416	2,700	5,106	-2,406	5,787,934	-89.10%
Jun	5,882	8,208	3,379	4,829	23,318,758	58.83%
Jul	5,617	4,032	7,626	-3,594	12,919,532	-89.15%
Ago	5,338	3,384	4,428	-1,044	1,090,607	-30.86%
Sep	5,194	4,044	3,873	171	29,402	4.24%
Oct	5,171	4,956	4,332	624	389,896	12.60%
Nov	4,850	1,644	5,010	-3,366	11,327,432	-204.72%
Dic	4,695	2,988	2,445	543	294,331	18.16%
					Error Prom:	-34.04%

Multigrado 20W/40

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	5,229	5,229				
Feb	4,800	4,371	5,229	-858	736,164	-19.63%
Mar	4,600	4,200	4,478	-278	77,423	-6.63%
Abr	4,697	4,988	4,300	688	473,344	13.79%
May	4,392	3,171	4,915	-1,744	3,042,408	-55.01%
Jun	4,299	3,836	3,478	360	129,456	9.38%
Jul	4,434	5,244	3,952	1,292	1,669,802	24.64%
Ago	4,650	6,159	5,042	1,117	1,248,726	18.14%
Sep	4,670	4,836	5,782	-946	894,325	-19.56%
Oct	4,713	5,096	4,795	301	90,835	5.91%
Nov	4,871	6,456	5,000	1,456	2,119,208	22.55%
Dic	4,900	5,214	6,060	-846	715,485	-16.22%
					Error Prom:	-2.06%

Diesel Serie 3 SAE 40

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	16,908	16,908				
Feb	16,548	16,188	16,908	-720	518,400	-4.45%
Mar	16,228	15,588	16,278	-690	476,100	-4.43%
Abr	15,189	12,072	15,748	-3,676	13,512,976	-30.45%
May	14,342	10,956	12,851	-1,895	3,591,973	-17.30%
Jun	14,132	13,082	11,803	1,279	1,636,864	9.78%
Jul	13,855	12,192	13,345	-1,153	1,328,448	-9.45%
Ago	13,850	13,812	12,608	1,204	1,450,132	8.72%
Sep	13,707	12,564	13,821	-1,257	1,581,149	-10.01%
Oct	13,683	13,464	12,850	614	377,337	4.56%
Nov	13,878	15,828	13,519	2,309	5,333,097	14.59%
Dic	14,046	15,900	15,340	560	313,142	3.52%
					Error Prom:	-3.17%

Diesel Serie 3 SAE 50

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	1,332	1,332				
Feb	1,332	1,332	1,332	0	0	0.00%
Mar	1,460	1,716	1,332	384	147,456	22.38%
Abr	1,785	2,759	1,652	1,107	1,225,449	40.12%
May	1,823	1,976	2,515	-539	290,993	-27.30%
Jun	1,813	1,764	1,938	-174	30,189	-9.85%
Jul	1,813	1,812	1,776	36	1,275	1.97%
Ago	1,783	1,572	1,812	-240	57,720	-15.28%
Sep	1,795	1,896	1,625	271	73,594	14.31%
Oct	1,813	1,968	1,871	97	9,436	4.94%
Nov	1,828	1,980	1,929	51	2,583	2.57%
Dic	1,891	2,580	1,942	638	407,073	24.73%
					Error Prom:	5.33%

Transmisión Automática

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	108,599	108,599				
Feb	94,938	81,276	108,599	-27,323	746,546,329	-33.62%
Mar	93,092	89,400	84,691	4,709	22,171,149	5.27%
Abr	88,312	73,974	90,323	-16,349	267,287,076	-22.10%
May	85,275	73,125	77,559	-4,434	19,656,476	-6.06%
Jun	85,884	88,931	76,162	12,769	163,035,869	14.36%
Jul	85,956	86,386	88,169	-1,783	3,180,129	-2.06%
Ago	89,325	112,911	86,278	26,633	709,291,959	23.59%
Sep	89,143	87,681	107,015	-19,334	373,786,639	-22.05%
Oct	88,982	87,539	88,046	-507	257,443	-0.58%
Nov	89,015	89,341	87,900	1,441	207,057	1.61%
Dic	88,224	79,520	89,259	-9,739	94,856,975	-12.25%
					Error Prom:	-4.90%

Transmisión 90

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	11,374	11,374				
Feb	10,974	10,574	11,374	-800	640,000	-7.57%
Mar	10,376	9,180	10,674	-1,494	2,232,036	-16.27%
Abr	10,386	10,415	9,479	936	876,096	8.99%
May	9,852	7,716	10,408	-2,692	7,245,182	-34.88%
Jun	9,720	9,060	8,250	810	656,181	8.94%
Jul	9,737	9,840	9,225	615	378,276	6.25%
Ago	9,771	10,008	9,814	194	37,539	1.94%
Sep	9,689	8,857	9,949	-1,092	1,191,850	-12.33%
Oct	9,763	10,609	9,060	1,549	2,399,143	14.60%
Nov	9,886	11,112	10,398	714	510,403	6.43%
Dic	10,027	11,580	10,805	775	599,885	6.69%
					Error Prom:	-1.57%

Transmisión 140

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	22,198	22,198				
Feb	22,732	23,265	22,198	1,067	1,138,489	4.59%
Mar	21,490	19,008	23,132	-4,124	17,004,283	-21.69%
Abr	21,347	20,915	19,629	1,286	1,654,868	6.15%
May	21,160	20,412	21,023	-611	373,168	-2.99%
Jun	21,059	20,556	20,599	-43	1,840	-0.21%
Jul	21,126	21,527	20,682	845	714,448	3.93%
Ago	21,335	22,800	21,427	1,373	1,885,914	6.02%
Sep	21,839	25,870	22,434	3,436	11,807,599	13.28%
Oct	22,031	23,759	24,862	-1,103	1,217,161	-4.64%
Nov	22,271	24,667	23,327	1,340	1,795,600	5.43%
Dic	22,159	20,927	24,068	-3,141	9,865,310	-15.01%
Error Prom:						-0.47%

Transmisión 250

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	31,957	31,957				
Feb	29,759	27,560	31,957	-4,397	19,333,609	-15.95%
Mar	30,047	30,624	28,110	2,514	6,322,082	8.21%
Abr	30,662	32,507	30,480	2,027	4,109,743	6.24%
May	30,503	29,868	32,046	-2,178	4,742,595	-7.29%
Jun	30,557	30,828	30,027	801	641,921	2.60%
Jul	30,689	31,476	30,760	716	512,179	2.27%
Ago	31,309	35,652	31,279	4,373	19,121,880	12.27%
Sep	31,936	36,952	34,566	2,386	5,691,803	6.46%
Oct	31,966	32,232	35,698	-3,466	12,013,156	-10.75%
Nov	32,086	33,288	32,165	1,123	1,260,231	3.37%
Dic	32,081	32,028	32,987	-959	920,553	-3.00%
Error Prom:						0.40%

Transmisión 140 A.R.

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	12,032	12,032				
Feb	11,710	11,388	12,032	-644	414,736	-5.66%
Mar	10,183	7,128	11,469	-4,341	18,839,940	-60.89%
Abr	10,181	10,176	7,892	2,284	5,218,179	22.45%
May	9,892	8,736	10,177	-1,441	2,077,202	-16.50%
Jun	10,139	11,376	9,025	2,351	5,527,201	20.67%
Jul	10,100	9,864	11,067	-1,203	1,446,808	-12.19%
Ago	10,177	10,716	9,923	793	628,849	7.40%
Sep	9,926	7,917	10,581	-2,664	7,098,228	-33.65%
Oct	10,015	10,812	8,419	2,393	5,725,385	22.13%
Nov	9,830	7,980	10,613	-2,633	6,930,714	-32.99%
Dic	9,841	9,972	8,442	1,530	2,339,718	15.34%
					Error Prom:	-6.72%

Transmisión 250 A.R.

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	11,762	11,762				
Feb	10,645	9,528	11,762	-2,234	4,990,756	-23.45%
Mar	10,641	10,632	9,807	825	680,213	7.76%
Abr	11,032	12,204	10,634	1,570	2,464,377	12.86%
May	10,949	10,620	11,911	-1,291	1,666,358	-12.16%
Jun	11,436	13,872	10,702	3,170	10,046,998	22.85%
Jul	11,459	11,592	13,263	-1,671	2,792,520	-14.42%
Ago	11,796	14,160	11,559	2,601	6,767,059	18.37%
Sep	11,518	9,288	13,569	-4,281	18,327,496	-46.09%
Oct	11,566	12,000	9,845	2,155	4,642,349	17.96%
Nov	11,102	6,468	11,891	-5,423	29,413,810	-83.85%
Dic	10,961	9,408	7,627	1,781	3,173,418	18.94%
					Error Prom:	-7.38%

Transmisión 90 A.R.

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	5,834	5,834				
Feb	4,663	3,492	5,834	-2,342	5,484,964	-67.07%
Mar	4,189	3,240	3,785	-545	296,753	-16.81%
Abr	4,450	5,232	3,477	1,755	3,079,440	33.54%
May	4,172	3,060	5,036	-1,976	3,906,058	-64.59%
Jun	4,036	3,360	3,338	22	488	0.66%
Jul	4,245	5,496	3,529	1,967	3,868,761	35.79%
Ago	4,281	4,536	5,183	-647	418,886	-14.27%
Sep	4,060	2,292	4,472	-2,180	4,753,763	-95.13%
Oct	4,269	6,144	2,734	3,410	11,627,721	55.50%
Nov	4,079	2,184	5,675	-3,491	12,188,128	-159.85%
Dic	4,139	4,800	2,658	2,142	4,589,138	44.63%
					Error Prom:	-22.51%

2 Tiempos 25/1

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	1,928	1,928				
Feb	1,906	1,884	1,928	-44	1,936	-2.34%
Mar	2,159	2,664	1,890	775	599,850	29.07%
Abr	1,934	1,260	2,538	-1,278	1,632,432	-101.40%
May	1,857	1,548	1,429	120	14,280	7.72%
Jun	1,983	2,616	1,625	991	981,685	37.87%
Jul	1,949	1,740	2,458	-718	515,285	-41.25%
Ago	1,867	1,296	1,792	-496	246,158	-38.28%
Sep	1,808	1,336	1,439	-103	10,558	-7.69%
Oct	1,746	1,188	1,454	-266	70,756	-22.39%
Nov	1,786	2,184	1,328	857	733,592	39.22%
Dic	1,792	1,860	2,084	-224	50,380	-12.07%
					Error Prom:	-10.14%

2 Tiempos 50/1

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	2,964	2,964				
Feb	3,228	3,492	2,964	528	278,784	15.12%
Mar	4,792	7,920	3,426	4,494	20,196,036	56.74%
Abr	3,732	552	7,138	-6,586	43,375,396	-1193.12%
May	4,570	7,920	1,347	6,573	43,204,329	82.99%
Jun	4,468	3,960	7,082	-3,122	9,749,382	-78.85%
Jul	4,555	5,076	4,087	989	978,121	19.48%
Ago	4,286	2,400	4,946	-2,546	6,480,661	-106.07%
Sep	4,672	7,764	2,871	4,893	23,937,779	63.02%
Oct	4,313	1,081	6,991	-5,910	34,928,100	-546.72%
Nov	4,401	5,280	1,889	3,391	11,499,051	64.22%
Dic	4,108	888	5,060	-4,172	17,407,291	-469.84%
					Error Prom:	-190.27%

Aceite Hidráulico

Mes	Vta Prom	Vta Real	Pronostic	Error	Error 2	% Error
Ene	2,103	2,103				
Feb	1,772	1,440	2,103	-663	439,569	-46.04%
Mar	2,101	2,761	1,523	1,238	1,532,954	44.84%
Abr	2,071	1,980	2,596	-616	379,559	-31.12%
May	2,142	2,425	2,003	422	178,295	17.41%
Jun	2,229	2,664	2,354	310	95,976	11.63%
Jul	2,296	2,701	2,555	146	21,255	5.40%
Ago	2,336	2,616	2,600	16	262	0.62%
Sep	2,297	1,980	2,546	-566	320,427	-28.59%
Oct	2,197	1,296	2,059	-763	582,423	-58.89%
Nov	2,134	1,512	1,521	-9	84	-0.61%
Dic	2,128	2,052	1,668	384	147,770	18.73%
					Error Prom:	-6.05%

Como podemos observar, la comprobación del modelo es muy buena. La correlación ideal la podremos encontrar más adelante con la obtención del error en el pronóstico. A simple vista podemos ver que existen productos en los que no podemos aplicar este método de inmediato; esto se debe a que tienen una fuerte influencia de periodos estacionales, los cuales arrojan un error bastante elevado. Para eliminar este error en un futuro tendremos que aplicar el modelo de tendencia aditiva con estacionalidad proporcional. La inclusión de la tendencia aditiva se debe a que en los últimos años la compañía ha tenido un crecimiento sostenido que ofrece una tendencia positiva.

1.8 Errores en el pronóstico

Para lograr una mejor comprensión y poder comprobar que el modelo es aplicable acudamos al apoyo de la determinación de el error de pronóstico.

PRODUCTO	APE	AE	MAD	MAPE
Racing SAE 30	-2.33%	-14	800	13.86%
Racing SAE 40	-0.77%	115	8,572	10.31%
Racing SAE 50	-0.21%	322	2,551	15.74%
Racing SAE 60	-1.80%	1,905	7,107	11.72%
Motor Lub SAE 40	-34.04%	-637	1,835	52.30%
Multigrado 20W/40	-2.06%	49	899	19.22%
Diesel S.3 SAE 40	-3.17%	-311	1,396	10.66%
Diesel S.3 SAE 50	5.33%	148	322	14.86%
Transmisión Automática	-4.90%	-3,083	11,365	13.05%
Transmisión 90	-1.57%	-44	1,061	11.35%
Transmisión 140	-0.47%	30	1,670	7.63%
Transmisión 250	-0.40%	267	2,267	7.13%
Transmisión 140 A.R.	-6.72%	-325	2,025	22.72%
Transmisión 250 A.R.	-7.38%	-254	2,455	25.34%
Transmisión 90 A.R.	-22.51%	-171	1,862	53.44%
2 Tiempos 25/1	-10.14%	-35	534	30.85%
2 Tiempos 50/1	-190.27%	-134	3,928	245.11%
Aceite Hidráulico	-6.05%	-9	467	23.99%

Según puede apreciarse, el error medio absoluto está abajo del 15.00% en el 50% de los productos, pero si ponderamos con un análisis ABC, la apreciación se extiende a 84% del total de los productos vendidos en la compañía.

Debemos considerar que el error promedio es muy bajo en todos los casos, y es de menos de 5% en 85% de los productos. Este es el error que marca la pauta para observar que no hay una tendencia a pronosticar a la baja o a la alta.

La Demanda Media Absoluta también entra en un parámetro bastante adecuado, ya que el porcentaje sobrante lo podemos amortiguar con un inventario de seguridad que no sería tan elevado como los que actualmente se manejan en algunos productos.

Sin embargo, la recomendación ideal es aplicar modelos que incluyan la tendencia y la estacionalidad, pero eso sólo es posible con la acumulación de información a través de los años, lo cual sin duda nos reducirá el error de pronóstico lo suficiente para hacer mucho más confiable el sistema.

1.9 Recomendación sobre el uso del modelo de tendencia aditiva y estacionalidad proporcional

Debido a los factores que ya he enunciado es muy recomendable el establecimiento de modelos que incluyan la estacionalidad de cada producto, así como la tendencia. En algunos productos puede aparecer una tendencia negativa, lo que significaría que los clientes están sustituyendo el producto por algún otro o que el mercado se está viendo reducido. En el caso de la estacionalidad, según la experiencia de los ejecutivos sí existe su presencia,

ya que por periodos vacacionales, por ejemplo, las ventas aumentan. Para ello se presenta la manera de colocar la estacionalidad y la tendencia dentro del modelo.

1.9.1 Modelo con tendencia aditiva

La tendencia aditiva aparente en los promedios con normalización exponencial es la diferencia entre los valores sucesivos, $S_t - S_{t-1}$. Si se trata de compensar la tendencia usando esta medida fundamental puede tenerse una corrección relativamente inestable, dado que todavía están presentes algunos efectos aleatorios. En ocasiones podrá registrarse una tendencia negativa cuando, en realidad, la tendencia general es positiva. Para reducir estos efectos irregulares puede estabilizarse la medida fundamental de tendencia de la misma manera que se estabilizan las demandas reales, aplicando la normalización exponencial.

Puede normalizarse la serie $S_t - S_{t-1}$ con la constante de normalización β (beta). Esta constante de normalización no necesariamente debe tener el mismo valor que la contante β usada para normalizar D_t .

El cálculo de S_t deberá reflejar ahora una tendencia, por lo que la ecuación 2 se modifica simplemente mediante la adición de la anterior tendencia normalizada a la base anterior de la siguiente manera:

$$S_t = \beta D_t + (1 - \beta) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

(3)

El valor actualizado de T_t , la tendencia normalizada, es:

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (4)$$

Estas ecuaciones producen valores actuales normalizados de demanda y tendencia; por lo que para pronosticar el próximo periodo se extrapolan añadiendo T_t al promedio actualizado, S_t , de la siguiente manera:

$$\text{Pronóstico para el próximo periodo} = S_t + T_t$$

De esta manera podemos incorporar la tendencia a nuestro modelo. Cabe señalar que el proceso de inicialización para el modelo de tendencia requiere un registro histórico más extenso. Debido a los valores de S_t y T_t supuestos inicialmente es necesario un historial de dos años como mínimo.

1.9.2 Modelo de estacionalidad proporcional

El modelo para considerar directamente las variaciones estacionales consiste en construir un índice estacional utilizando datos históricos. Si tomamos la demanda real y se divide cada demanda mensual entre el promedio anual se obtiene un conjunto de índices estacionales. Estos índices del primer año se usan solamente para inicializar el proceso. Se utilizará un proceso para actualizar los índices en años sucesivos de manera tal que éstos reflejen los cambios que pudieran presentarse.

Dados los índices iniciales podrán normalizarse las cifras de demanda real dividiéndolas entre el índice del año anterior para ese periodo, I_{t-L} (donde L es el número de periodos en un ciclo -12 si los datos son mensuales, 4 si son trimestrales-). El efecto de este proceso es eliminar la estacionalidad al disminuir la demanda ajustada durante los periodos de gran demanda y

umentándola durante los periodos de poca demanda. El promedio normalizado sin estacionalidad, S_t , es entonces:

$$S_t = \beta (D_t / I_{t-L}) + (1 - \beta) S_{t-1}$$

(5)

Sin embargo, los índices estacionales reflejan solamente la experiencia para ese año. Si el ciclo estacional se repitiera consistentemente año con año, entonces sí resultaría adecuado utilizar cada año los índices de este año. Sin embargo, como las variaciones aleatorias son sólo un componente, el historial de un año usado como base para los índices estacionales es substituido generalmente por algún proceso de promediación, como la promediación ponderada exponencialmente. Por tanto, puede utilizarse la siguiente ecuación para actualizar los índices estacionales, en donde χ (gama) es la constante de normalización para los índices estacionales:

$$I_t = \chi (D_t / S_t) + (1 - \chi) I_{t-L}$$

(6)

La demanda real D_t se divide entre el nuevo promedio normalizado S_t , calculado con la ecuación 5, para reflejar la cantidad por la cual D_t excede o queda corta del promedio sin variación estacional. Esta variación a partir del promedio sin estacionalidad es ponderada por la constante de normalización. El anterior índice I_t es almacenado para ser usado en los cálculos de S_t e I_t para el próximo año.

El resultado, después de que el proceso ha estado en operación durante varios años, es que cada índice estacional estará basado en la variación estacional que ocurrió en L , $2L$, $3L$ y así sucesivamente, en periodos pasados. Los datos más recientes reciben una mayor ponderación, dependiendo del valor de la constante de normalización χ .

Para elaborar un pronóstico para el próximo periodo, $t+1$, se traslada el promedio normalizado más reciente, S_t , pero modificándolo con el índice estacional para el próximo periodo, I_{t-L+1} . La siguiente ecuación tiene el efecto de volver a asignar una variación estacional al promedio normalizado del cual se eliminó anteriormente la variación estacional.

$$F_{t,1} = S_t I_{t-L+1}$$

(7)

Con esta ecuación obtendremos el pronóstico considerando la estacionalidad periódica o proporcional de cada producto.

La precisión de los pronósticos en este caso no es tan buena como la del modelo de tendencia aditiva, debido a que este modelo no toma en cuenta la tendencia, la cual es uno de los componentes de los datos; además, se consume todo un año de datos con el fin de inicializar los índices estacionales. La muestra restante de dos años puede contener algunos valores extremos que tienen un mayor peso al reducirse el tamaño de la muestra, y por último los ciclos estacionales en los datos pueden no ser estables de un año a otro. Para mejorar la precisión de ambos métodos se sugiere el método que incluye la tendencia y la estabilidad.

1.9.3 Tendencia aditiva y estabilidad proporcional

Como es lógico, es posible combinar el modelo de tendencia y el modelo estacional. Las ecuaciones para actualizar la tendencia y la estacionalidad normalizadas son las mismas, pero la ecuación para calcular el valor actual

para el promedio normalizado, S_t , debe reflejar tanto las variaciones en tendencia como en estacionalidad.

$$S_t = \chi (D_t / I_{t-L}) + (1 - \chi) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

(8)

Las ecuaciones para los índices de tendencia y estacionalidad son:

$$T_t = \chi (S_t - S_{t-1}) + (1 - \chi) T_{t-1}$$

(9)

$$I_t = \chi (D_t / S_t) + (1 - \chi) I_{t-L}$$

(10)

Finalmente, para elaborar los pronósticos para el próximo periodo, $t+1$, se obtiene la siguiente ecuación:

$$F_{t,1} = (S_{t-1} + T_{t-1})(I_{t-L+1})$$

(11)

El valor S_t debe ser calculado usando primero la ecuación 8, ya que dicho valor se utiliza en las ecuaciones 9, 10 y 11. Como se hizo anteriormente, el cálculo del índice estacional actualizado produce un índice que será almacenado para utilizarlo durante un año a partir de la fecha.

Con tres constantes de normalización el número de posibles combinaciones aumenta sustancialmente. Los señores Berry y Bliemel mostraron en 1974 cómo pueden usarse métodos computarizados de búsqueda para seleccionar combinaciones óptimas de las constantes de normalización. El proceso de inicialización es un poco más largo con el modelo de tendencia y estacionalidad. Se requieren datos históricos para inicializar tanto los índices estacionales como S_t y T_t . Por lo tanto, generalmente se requiere un registro histórico de tres años para poder tener confianza en los resultados. Debido a esta premisa tan sólo se usó el modelo básico de normalización exponencial.

1.10 Planeación de la demanda para el próximo periodo

Para la planeación de la demanda del próximo periodo debido a que el método que tenemos por el momento es para obtener periodo por periodo debido a la falta de datos históricos, por lo cual no podemos establecer periodos estacionales o tendencias. En este caso lo que haremos es aumentar en 9% la demanda del último periodo anual. Este porcentaje resulta del crecimiento planeado para el periodo que inicia. Por tanto, la demanda planeada para el próximo periodo será:

Mes	SAE 30	SAE 40	SAE 50	SAE 60	Motorlu b	Multig r
Enero	6,729	104,284	16,423	60,384	7,989	5,700
Febrero	6,841	86,502	13,329	58,453	6,357	4,764
Marzo	6,344	75,728	14,388	48,331	7,024	4,578
Abril	4,591	87,387	18,299	56,283	5,206	5,437
Mayo	6,318	77,356	16,061	52,769	2,943	3,456
Junio	5,598	83,647	14,702	59,994	8,947	4,181
Julio	5,559	98,218	20,523	68,879	4,395	5,716
Agosto	6,030	99,552	16,939	74,412	3,689	6,713
Septiembre	5,794	100,388	19,345	78,894	4,408	5,271
Octubre	6,095	111,479	16,494	89,733	5,402	5,555
Noviembre	8,711	111,273	21,085	81,279	1,792	7,037
Diciembre	6,592	97,377	17,344	64,279	3,257	5,683
ANUAL	75,689	1,133,678	205,421	794,216	62,015	64,741

Mes	544	648	489	74	75	76
Enero	18,430	1,452	118,373	14,584	34,610	40,785
Febrero	17,645	1,452	88,591	11,526	25,359	30,040
Marzo	16,991	1,870	97,446	10,006	20,719	33,380
Abril	13,158	3,007	80,632	11,352	22,797	35,433
Mayo	11,942	2,154	79,706	8,410	22,249	32,556
Junio	14,259	1,923	96,935	9,875	22,406	33,603
Julio	13,289	1,975	94,161	10,726	23,464	34,309
Agosto	15,055	1,713	123,073	10,909	24,852	38,861
Septiembre	13,695	2,067	95,572	9,654	28,198	40,278
Octubre	14,676	2,145	95,418	11,564	25,897	35,133
Noviembre	17,253	2,158	97,382	12,112	26,887	36,284
Diciembre	17,331	2,812	86,677	12,622	22,810	34,911
ANUAL	184,268	25,377	1,154,453	133,415	300,324	425,647

Mes	607	615	664	495	500	654
Enero	16,553	18,482	8,097	2,485	3,401	2,734
Febrero	12,413	10,386	3,806	2,054	3,806	1,570
Marzo	7,770	11,589	3,532	2,904	8,633	3,009
Abril	11,092	13,302	5,703	1,373	602	2,158
Mayo	9,522	11,576	3,335	1,687	8,633	2,643
Junio	12,400	15,120	3,662	2,851	4,316	2,904
Julio	10,752	12,635	5,991	1,897	5,533	2,944
Agosto	11,680	15,434	4,944	1,413	2,616	2,851
Septiembre	8,630	10,124	2,498	1,456	8,463	2,158
Octubre	11,785	13,080	6,697	1,295	1,178	1,413
Noviembre	8,698	7,050	2,381	2,381	5,755	1,648
Diciembre	10,869	10,255	5,232	2,027	968	2,237
ANUAL	132,771	149,649	56,542	24,318	54,404	28,923

2. CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS

Antes de comenzar a hablar sobre la manera más adecuada de controlar y administrar un inventario, es necesario conocer cuáles son las clases de inventarios que existen y qué funciones tiene cada uno de ellos para partir de ese punto y desarrollar un adecuado modelo de inventarios.

Dentro de este capítulo también incluiré los puntos más importantes del reabastecimiento de producto o requisición de materiales, identificando el tipo de administración que se desea llevar y definiendo adecuadamente las políticas que se deben seguir.

2.1 Definición de inventario

Generalmente encontramos dos puntos de vista sobre la definición de un inventario, el de los financieros, que definen al inventario como dinero, un activo o efectivo en forma de material, y el de los operativos, que los definen

como artículos terminados, materia prima, trabajo en proceso o materiales utilizados en los productos.

La visión financiera es realmente compleja. No hay duda de que los inventarios tienen un valor, particularmente en compañías dedicadas a las compras o a las ventas y su valor siempre se muestra por el lado de los activos en el balance general, como es nuestro caso. No obstante, pocos gerentes pueden identificar específicamente en qué forma obtienen los inventarios una ganancia, o por lo menos tan importante, qué ganancias se están obteniendo. Prácticamente sin excepción, la gente que ve los inventarios desde el punto de vista financiero está muy convencida que *cuanto menos mejor*.

Los que ven los inventarios como materiales de producción tienen una falsa visión similar. Por lo general creen que *cuanto más mejor*. Proporciona un colchón contra "las hondas y las flechas de la suerte excesiva" en la producción: clientes caprichosos, malos proveedores, maquinaria de mal funcionamiento, etc. Es bueno tener de sobra *por si acaso*. Ellos tampoco piensan en términos de la recuperación de la inversión. Ambos limitan su pensamiento a los inventarios del producto.

El verdadero profesional puede encontrar otras dos clases de inventario: materiales que preceden a la producción y materiales de mantenimiento. Ambos requieren inversiones significativas (aun cuando algunos contadores cancelan artículos importantes como gasto), ambos son esenciales en la fabricación y ambos pueden administrarse más eficazmente utilizando la información del sistema formal de planeación y control, así como de técnicas apropiadas de control de inventarios.

Los inventarios representan una porción considerable de los activos totales de la compañía, pero pocos temas en el negocio están sujetos a actitudes parciales. El departamento de ventas ve los inventarios como fundamentales para el buen servicio al cliente y siente que el departamento de producción ha fallado si un artículo no está disponible cuando se hace la facturación. El departamento de finanzas cree que los inventarios son un mal necesario que ata el capital que podría utilizarse mejor en cualquier otra inversión. La gente de producción tiene dificultad para entender los costos asociados con el control de inventarios debido a la ineficiencia que se impone en la planta. Desde el punto de vista de la producción, los inventarios deberían ser un recurso limitado tan sólo por el espacio disponible en los almacenes. Obviamente el problema es que se considera a los inventarios desde un punto de vista limitado más que global por parte de toda la compañía.

De manera global, los inventarios de una empresa funcionan como un amortiguador de cualquier suspensión. Las altas y las bajas en las ventas pueden ser absorbidas por los inventarios, justo en la forma en que los amortiguadores absorben los golpes. Sin los inventarios el área de producción tendría que responder directamente a los pedidos, si el servicio a los clientes no se viera afectado. Los inventarios también separan las operaciones de fabricación que tienen diferentes tasas de producción. Los inventarios por "tamaño de lote" hacen posible menores arreglos de maquinaria y mayor utilización de ella. Los materiales en proceso evitan el tiempo ocioso de la gente y el tiempo muerto del equipo que resulta de un flujo errático.

Los objetivos en conflicto siempre son los mismos: un buen servicio al cliente, una mínima inversión en inventarios, aunque en nuestro caso no existe una limitación en cuanto a este tipo de inversión y por último una operación eficiente de la planta. Los inventarios son necesarios para dar un buen servicio al cliente, para hacer funcionar la planta más eficientemente manteniendo la producción en cuotas bastante uniformes y mantener lotes de fabricación razonablemente grandes. Los inventarios no son un mal necesario sino un sistema de suspensión muy útil.

2.2 Funciones de los inventarios

Existen cinco tipos básicos de inventarios definidos por su función:

1. De fluctuación
2. De anticipación
3. De tamaño de lote
4. De transportación
5. De protección

Inventario de fluctuación. Estos son inventarios necesarios porque la cantidad y el ritmo de las ventas y de producción no pueden predecirse con exactitud. Los pedidos pueden promediar 21,000 unidades semanales para un artículo dado, por ejemplo, aceite Racing SAE 40, pero habrá semanas en que las ventas sean tan elevadas como 35,000 o 40,000 unidades. El material puede recibirse en stock normalmente tres semanas después de que fue solicitado por el departamento de compras, pero ocasionalmente esto puede llevarse seis semanas. Estas fluctuaciones en la demanda y la oferta pueden compensarse con los stocks de seguridad, nombres usuales para los inventarios de fluctuación. Los inventarios de fluctuación existen en centros

de trabajo cuando el flujo de trabajo en estos centros no puede equilibrarse completamente. Los inventarios de fluctuación, llamados *stocks de estabilización*, pueden incluirse en el plan de producción de tal manera que los niveles de producción no tengan que cambiar para enfrentar las variaciones aleatorias de la demanda.

Inventarios de anticipación. Estos son inventarios hechos con anticipación a las épocas de mayor venta, a programas de promoción comercial o a un periodo de cierre de la planta. Básicamente, los inventarios de anticipación almacenan horas-trabajo y horas-máquina para futuras necesidades y limitan los cambios en las tasas de producción.

Inventarios de tamaño de lote. Con frecuencia es imposible o impráctico fabricar o comprar artículos en las mismas cuotas que se venderían. Por lo tanto, los artículos se consiguen en cantidades mayores a las que se necesitan en el momento; el inventario resultante es el de tamaño de lote. El tiempo de arreglo es un factor importante en la determinación de la cantidad de dicho inventario.

Inventarios de transportación. Éstos existen porque el material debe moverse de un lugar a otro. El inventario depositado en un camión y que se va a entregar a un almacén puede estar en camino hasta 10 días. Mientras el

inventario se encuentra en camino, no puede tener una función útil para las plantas o los clientes; existe exclusivamente por el tiempo de transporte.

Inventario de protección. Las compañías como la de nuestro caso, que utilizan grandes cantidades de aceites minerales cuyos precios fluctúan debido a factores internacionales, pueden obtener ahorros significativos comprando grandes cantidades llamadas inventarios de protección, cuando los precios están bajos. La adquisición de cantidades extra a un precio reducido también reducirá los costos de los materiales de los artículos para un aumento de precio más tarde. Obviamente el ahorro obtenido es la verdadera ganancia del inventario añadido.

2.2.1 Clasificación de los inventarios

Además de agruparlos por funciones, puede clasificarse a los inventarios por su condición durante su procesamiento.

1. Materias primas. En nuestro caso son las botellas vacías, los tapones, las cajas, la cinta para cerrar la caja, las grapas, etc.

2. Componentes. Éstos son partes que se encuentran listas para el montaje final del producto; en nuestro caso, el aceite terminado a granel se considera como componente.

3. Materiales en proceso. Éstos son materiales y componente sobre los que se efectúa un trabajo o se encuentran esperando en la fábrica entre una operación y otra. Dentro de nuestro sistema productivo no existe este tipo de materiales, aunque la nomenclatura de la compañía llama al aceite a granel *material en proceso*, pero aquí lo identificamos con la palabra componente.

4. Productos terminados. Se trata de artículos terminados que se tienen en inventario en una planta en la que se produce para almacenar o artículos terminados que se encuentran listos para ser embarcados a un cliente de acuerdo con una factura enviada al almacén.

Estas clases son los agrupamientos en los cuales se presentan los valores totales de inventario en los informes de contabilidad. La utilización de ésta clasificación es observar si creció o se redujo el inventario, y porque lo hizo. Realmente esta clasificación se utiliza únicamente con fines de contabilidad.

2.3 Costos en los inventarios

Los costos que se ven afectados por cada decisión específica deben ser determinados al decidir cuánto inventario es necesario tener. Las siguientes clases de costos se consideran en las decisiones sobre inventarios.

2.3.1 Costo de pedido

Los costos de pedido pueden ser los de colocar pedidos de compra para adquirir material de un proveedor o los asociados con la orden de fabricación de un lote procedente de la planta. Cuando se compra material se hacen requisiciones de materiales y pedidos de compra, se procesan facturas para pagar al proveedor, se inspeccionan los lotes recibidos y se entregan al departamento de producción. Cuando el departamento de producción ordena un lote se incurre en costos por papeleo, arreglo de la maquinaria, desperdicio normal de arranque que resulta de la primera producción del nuevo arreglo y otros costos de una sola ocasión que son función del número de lotes

ordenados o producidos. La suma de todos estos costos es el costo de pedido para el lote.

El problema básico con los costos de pedido es aislar aquellos elementos de costo que varían con la cantidad de pedidos puestos. A continuación analizaremos nuestro problema:

El empleado de compras gana \$24,000,000 al año, coloca aproximadamente 2,500 pedidos de compra al año, principalmente con los proveedores del catálogo de la empresa. De cada pedido se elabora una requisición que debe llevar copia (para la persona que hace la requisición) y el pedido en sí lleva dos copias, una se queda en el departamento y otra sirve como confirmación para la persona que realizó la requisición; por tanto, anualmente existe un gasto de 5,000 requisiciones y 7,500 pedidos a un costo de \$30,000 el millar; además, el gasto anual de la línea telefónica asignada a compras es de \$2,382,000 (incluye llamadas de larga distancia y llamadas para dar seguimiento al pedido). Así, el costo por cada orden de compra puede entonces ser calculado de la siguiente manera:

Sueldo del Departamento	24,000,000
Papelería	375,000
Factura telefónica anual	2,382,000
TOTAL	26,757,000

El costo por pedido será igual a:

$$\text{Costo por pedido} = 26,757,000 / 2,500$$

$$\text{Costo por pedido} = \$ 10,703$$

Obviamente la compañía ahorrará dinero colocando menor número de pedidos de compra al año. Supóngase que se compran lotes más grandes, de manera que sólo se requieran 2,000 pedidos de compra al año. Los ahorros para la compañía parecerían ser de:

$$\text{Ahorro} = (2,500 - 2,000) * 10,703$$

$$\text{Ahorro} = \$ 5,351,500 \text{ anuales}$$

Sin embargo, los únicos ahorros que se obtendrán son las llamadas telefónicas y la papelería, puesto que no se reduciría el sueldo del empleado de compras, a menos que se empleara a la persona en otras actividades productivas. De hecho, la compañía sólo ahorraría \$551,400, anuales que es el costo del teléfono por los 500 pedidos no colocados. En este caso un pedido de compra no cuesta \$10,703, sino \$1,103. Solamente si se pudieran eliminar todas las compras (o reducirlas a un bajo nivel tal que alguien más pudiera manejarlas sin costo adicional para la compañía, eliminando así el puesto del empleado de compras) se podría asignar un costo de \$10,703 a cada orden de compra al tomar decisiones de inventario.

Cuando se estudian los costos de tamaño de lote fabricados o de pedido deben hacerse análisis similares de los costos de arreglo. La reducción del número de arreglos operando lotes mayores en una máquina nada ahorrará a la compañía si solamente se facilita el trabajo de la persona encargada del arreglo. Asimismo, las partes de los gastos indirectos de los cargos por papeleo de pedidos no deben incluirse a menos que sea menor la cantidad de pedidos y esto permita reducciones en estos gastos.

El costo del pedido en producción se considera únicamente por el costo de la persona encargada de surtir el material a cada línea, ya que es el único gasto en el que se infringe, sin contar el sueldo del supervisor de las líneas.

que no tiene ninguna injerencia en el arranque y paro de cada máquina. El costo de arrancar las máquinas es despreciable.

2.3.2 Costo de tenencia de inventarios

Estos costos incluyen todos los gastos en que incurre la compañía por el volumen de inventario que lleva. Se incluyen usualmente en el costo de tenencia de inventario, los siguientes gastos:

a) *Por obsolescencia*: Se incurre en estos costos porque el inventario no es ya vendible debido a patrones de venta cambiantes y a deseos del cliente. Este problema es agudo en los artículos de alta tecnología. En la compañía en estudio no se incurre en este tipo de gastos debido a que se detiene el lanzamiento del nuevo producto hasta que se elimina el inventario del anterior; esto produce un costo mucho mayor, pues en ocasiones la competencia lanza un nuevo producto con mucha mayor anterioridad a pesar de estar preparados ambos competidores para realizar el lanzamiento al mismo tiempo.

b) *Por deterioro:* El material que se tiene en inventario se contamina por polvo, se rompe en el manejo o se deteriora de muchas otras maneras, por lo que ya no se puede usar o vender.

c) *Por impuestos:* Actualmente la Secretaría de Hacienda y Crédito Público aplica un impuesto de 2% sobre los activos. Como los inventarios se consideran activos, mientras mayor el inventario más se tiene que pagar.

d) *De garantía:* Los inventarios, como la mayoría de los activos, son protegidos por un seguro que forma parte de otras políticas de seguros de la compañía.

e) *De almacenamiento:* El almacenamiento del inventario requiere una bodega con personal de supervisión y operativo, de equipo de manejo de material, de registros, etc. No se incurriría en los costos de estos medios si no hubiera inventarios, y conforme los inventarios aumentan también lo hacen este tipo de costos.

f) *De capital:* El dinero que se ha invertido en inventarios no está disponible para ser usado en otras actividades de la compañía, y de hecho, puede ser pedido prestado a los bancos. El costo de pedir prestado el dinero o el de la oportunidad de inversión perdida por usar este capital en otras áreas de la compañía debe cargarse a la inversión en inventario como costo de capital.

El costo de tenencia de inventarios es un concepto útil que se requiere en las fórmulas matemáticas utilizadas para calcular el tamaño del lote. Según se enlistó anteriormente, se supone que muchos elementos distintos constituyen este costo. La obsolescencia es una realidad en cualquier inventario, pero este elemento de costo en el costo de tenencia de inventario varía ampliamente con el tiempo y no es el mismo para los diferentes productos en el inventario. Esto indicaría que debería utilizarse un costo de tenencia diferente para cada artículo en la lista de existencias. Esto es obviamente impráctico, y por lo general, se escoge una cifra promedio; trátase de todos los productos o de cada tipo importante de producto. Un razonamiento idéntico se aplica a los costos por deterioro.

Los impuestos se manejan por lo general en forma más fácil; particularmente la tasa del impuesto se basa en el valor promedio del

inventario. Los impuestos, al menos hasta hoy, han representado una parte muy pequeña del costo total de tenencia de los inventarios.

El almacenamiento y los costos de manejo relacionados pueden tratarse como elementos distintos en las decisiones sobre el tamaño de lote. Sin embargo, por simplicidad y conveniencia, se supone que estos costos son parte del de tenencia de inventarios. La parte del costo de tenencia de inventario que se carga al almacenamiento, como otros elementos, se supone que varía directamente con el tamaño del inventario. Sin embargo, a menos que se le pueda dar un uso al espacio de almacenamiento obtenido por reducciones de inventario, no existe ahorro alguno. Por el contrario, a menos que se tenga que adquirir espacio adicional rentado o construir una mayor capacidad de almacenamiento, no habrá incremento en los costos de almacenamiento al aumentar el inventario.

Los costos de tenencia de inventarios con respecto al costo del capital comprenden referencias financieras en las que no profundizaré en el presente trabajo.

Realmente el costo de tenencia del inventario tiene un uso práctico sólo como variable de política administrativa, el cual, más que ser un número fijo y

mágico, es uno que debe ser manipulado para alcanzar los objetivos globales de la compañía.

2.3.3 Costo de agotamiento de existencias

Si el material no está disponible cuando el cliente lo pide pueden perderse las ventas o incurrirse en gastos extra llamados costos de agotamiento de existencias. El trabajo por procesar una orden regresada puede ser considerable. El costo de las órdenes regresadas resulta no sólo del papeleo extra, sino también del tiempo gastado por el personal en los varios departamentos que manejan el documento del pedido regresado, que recoge y empaqueta el embarque real y que responde a las peticiones de los clientes. El costo puede incluir primas elevadas del flete por la pequeña cantidad de material que se embarca.

La insatisfacción del cliente por los pedidos regresados puede ser muy costosa, pero es difícil, si no imposible, asignarle un valor específico con cualquier grado de exactitud. Un pedido regresado puede provocar poca o ninguna inconveniencia, mientras que la siguiente puede ser la causa de que el cliente compre en otro lado en lo futuro. Los costos por agotamiento de existencias, como el de tenencia de inventarios son conceptos difíciles de

medir, pero necesarios en las fórmulas matemáticas que se han deducido para auxiliar en la toma de decisiones sobre inventarios. Sin embargo, no debemos ser "engañados por la conveniencia matemática" en la obtención de tal cifra, de modo que no podamos ver las implicaciones reales de tales decisiones o sus efectos agregados.

2.3.4 Costos asociados con la capacidad

Los costos relacionados con la capacidad incluyen los costos por tiempo extra, subcontrataciones, contrataciones, entrenamiento, despido y ocio. Se incurre en estos costos cuando es necesario aumentar o disminuir la capacidad debido a que por un tiempo existe demasiada o muy poca capacidad.

Costos tales como tiempo extra y tiempo de ocio pueden con frecuencia calcularse utilizando datos de contabilidad; sin embargo, los costos de contratación, entrenamiento y despido, al igual que los de pedido no son lineales. Mientras los impuestos de compensación por desempleo, por ejemplo, varían visiblemente con cualquier cambio en el nivel de empleo, otros costos asociados con la contratación, el entrenamiento y el despido están ocultos en los costos totales de dichas áreas, como los costos de supervisión

o de operación del departamento de personal y cambian solamente cuando un cambio en la actividad es tal que provoca mayor o menor trabajo de oficina en el departamento de personal.

2.4 Distribución por el valor (Clasificación ABC)

Para el grupo de productos que manejaremos, una pequeña cantidad de artículos dentro del grupo responderá por la mayor parte del valor total de ventas. Alrededor de 20% de los productos hará 80% de las ventas. Este es un concepto muy útil en los negocios que puede aplicarse al control de los inventarios, al control de la producción, al control de calidad y a muchos otros problemas administrativos. Éste es uno de los principios más aplicables y eficaces, pero menos explotados, del control de producción.

Si lo aplicamos a los inventarios este concepto se llama *clasificación ABC*. Cualquier inventario puede clasificarse en tres parte distintas:

- 1. Artículos A:** De alta venta o valor serán aquellos productos que son relativamente pocos y cuya venta representa de 70 a 80% de la

venta total del inventario. Éstos constituirán por lo general de 15 a 20% de los productos.

2. *Artículos B:* De venta o valor medio, una cantidad que se encuentra en la parte media de la lista; alrededor de 30 a 40% de los productos cuyo valor total representa de 15 a 20% de la venta.

3. *Artículos C:* De baja venta, la mayoría de los productos, normalmente 60 a 70%, cuya venta dentro del inventario es casi despreciable y representa sólo de 5 a 10% de la venta.

La división en productos A, B y C es, por supuesto, arbitraria; muchas compañías hacen aún otras divisiones, como añadir un grupo D o dividir el grupo A en productos AAA, AA y A. Cada grupo de productos, por supuesto, tiene una distribución ABC dentro del grupo. Hay algunos productos que justifican la atención personal del gerente de planta precisamente por la gran responsabilidad que representan. Debido al reducido número de productos que genera la compañía (18 productos) sólo nos limitaremos a hacer la clasificación ABC.

Este concepto tiene una amplia aplicación en muchas otras actividades del control de fabricación que juzgo conveniente mencionar.

- 1. Algunos clientes entregan la mayoría de sus pedidos a una compañía.**
- 2. Unos pocos departamentos desempeñan la mayor parte del trabajo de las operaciones de fabricación.**
- 3. Unas pocas operaciones producen la mayoría del desperdicio.**
- 4. Unos pocos proveedores provocan la mayoría de los retrasos en la adquisición de los materiales comprados.**
- 5. Unos pocos productos detienen la mayoría de los pedidos atrasados para los clientes.**

La figura 2-1 muestra una distribución ABC típica para un grupo de productos. La escala horizontal representa el porcentaje de los artículos totales, mientras que la vertical representa el porcentaje del uso total anual de ventas. Nótese que una pequeña cantidad de productos representa el gran volumen de la venta. Éstos, por supuesto, son los productos A, indicados así en la curva. En la sección B de la curva se encuentra por lo general que el

porcentaje de los productos B es casi igual al de ventas representado por estos productos B. Los productos C ocupan el extremo opuesto de la escala (una gran cantidad de artículos representa una pequeña fracción de la venta).

2.4.1 Productos terminados

Para nuestro análisis ABC el primer paso consiste en listar los productos y sus consumos anuales; luego se les asigna un número para jerarquizar los artículos en orden, partiendo del valor más alto en unidades de venta. La figura 2-2 muestra este listado para los productos terminados:

Figura 2-2

Producto	Ventas Anuales	Núm.
Racing SAE 30	72,936	11
Racing SAE 40	1,061,467	2
Racing SAE 50	192,779	6
Racing SAE 60	739,587	3
Motor Lub SAE 40	64,044	12
Multigrado 20W/40	58,800	13
Diesel S.3 SAE 40	168,554	7
Diesel S.3 SAE 50	19,632	18
Transmisión Automática	1,058,683	1
Transmisión 90	122,331	9
Transmisión 140	275,458	5
Transmisión 250	390,432	4
Transmisión 140 A.R.	121,251	10
Transmisión 250 A.R.	136,728	8
Transmisión 90 A.R.	51,264	14
2 Tiempos 25/1	21,856	17
2 Tiempos 50/1	49,453	15
Aceite Hidráulico	25,935	16

En seguida, estos productos se enlistan en un orden jerarquizado con el uso anual acumulado más el porcentaje acumulado calculado. El paso 2 de este análisis ABC, se muestra en la figura 2-3:

Figura 2-3

Producto	Venta Anual	% Acum.	
Racing SAE 40	1,061,467	22.92%	A
Transmisión Automática	1,058,683	45.78%	A
Racing SAE 60	739,587	61.75%	A
Transmisión 250	390,432	70.18%	A
Transmisión 140	275,458	76.13%	A
Racing SAE 50	192,779	80.29%	B
Diesel S.3 SAE 40	168,554	83.93%	B
Transmisión 250 A.R.	136,728	86.88%	B
Transmisión 90	122,331	89.52%	B
Transmisión 140 A.R.	121,251	92.14%	B
Racing SAE 30	72,936	93.72%	C
Motor Lub SAE 40	64,044	95.10%	C
Multigrado 20W/40	58,800	96.37%	C
Transmisión 90 A.R.	51,264	97.48%	C
2 Tiempos 50/1	49,453	98.54%	C
Aceite Hidráulico	25,935	99.10%	C
2 Tiempos 25/1	21,856	99.58%	C
Diesel S.3 SAE 50	19,632	100.00%	C

Decidí en forma arbitraria una clasificación de esta manera, pues los primeros cinco productos representan 76.13% de las ventas totales, los

siguientes cinco en orden jerárquico representan 16.01%, y la mayoría de los productos equivalen a 7.86% de la venta.

Este análisis ABC puede resumirse como se hace en la figura 2-4. Si al concentrar los mayores esfuerzos en los productos A este inventario pudiera reducirse en 25% se obtendría una reducción muy importante en el inventario total, aun cuando el inventario de los productos C se incrementara en 50% por la atención reducida y controles menos rígidos.

Figura 2-4

Clasificación	% de artículos	Venta por Grupo	% de Ventas
A	27.77%	3,525,627	76.13%
B	27.77%	741,643	16.01%
C	44.46%	363,920	7.86%
TOTAL	100.00%	4,631,190	100.00%

2.4.2 Materias primas

Para el análisis ABC seguí exactamente el mismo procedimiento. A continuación se expone la figura 2-5, en la que podemos observar la lista de

las materias primas y sus niveles de consumo, así como su numeración de acuerdo con su importancia.

Figura 2-5

Botellas	Consumo Anual	Núm .
Racing SAE 30	72,936	11
Racing SAE 40	1,061,467	2
Racing SAE 50	192,779	6
Racing SAE 60	739,587	3
Motor Lub SAE 40	64,044	12
Multigrado 20W/40	58,800	13
Diesel S.3 SAE 40	168,554	7
Diesel S.3 SAE 50	19,632	18
Transmisión Automática	1,058,683	1
Transmisión 90	122,331	9
Transmisión 140	275,458	5
Transmisión 250	390,432	4
Transmisión 140 A.R.	121,251	10
Transmisión 250 A.R.	136,728	8
Transmisión 90 A.R.	51,264	14
2 Tiempos 25/1	21,856	17
2 Tiempos 50/1	49,453	15
Aceite Hidráulico	25,935	16
	4,631,190	

Tapones	Consumo Anual	Núm
Capto-Cap Rojo	1,058,683	3
Capto-Cap Verde	2,189,613	1
Capto-Cap Azúl	263,574	4
Capto-Cap Café	1,097,464	2
Capto-Cap Naranja	21,856	5
	4,631,190	

Cajas	Consumo Anual	Núm
CAJA No. 34	200,917	1
CAJA No. 4	65,685	3
CAJA No. 25-A	88,224	2
CAJA No. 37	5,337	5
CAJA No. 38	25,770	4
	385,933	

En la primera tabla de la figura se observa exactamente la misma tabla 7 del producto terminado, pues existe una relación directamente proporcional. En la segunda tabla ya existe una diferencia debido a que la relación ya no es directa, debido a que los 18 tipos diferentes de botella usan una combinación de 5 colores de tapones. Lo mismo sucede con las cajas; en esta tabla el subtotal difiere debido a que por cada botella se usa un tapón, pero por cada botella y tapón se usa 1/12 de caja.

En la figura 2-6 se observa la clasificación ABC para las materias primas fundamentales en el envasado de los productos que produce el departamento.

Figura 2-6

Botellas	Consumo Anual	% Acum	
Racing SAE 40	1,061,467	22.92%	A
Transmisión Automática	1,058,683	45.78%	A
Racing SAE 60	739,587	61.75%	A
Transmisión 250	390,432	70.18%	A
Transmisión 140	275,458	76.13%	A
Racing SAE 50	192,779	80.29%	B
Diesel S.3 SAE 40	168,554	83.93%	B
Transmisión 250 A.R.	136,728	86.88%	B
Transmisión 90	122,331	89.52%	B
Transmisión 140 A.R.	121,251	92.14%	B
Racing SAE 30	72,936	93.72%	C
Motor Lub SAE 40	64,044	95.10%	C
Multigrado 20W/40	58,800	96.37%	C
Transmisión 90 A.R.	51,264	97.48%	C
2 Tiempos 50/1	49,453	98.54%	C
Aceite Hidráulico	25,935	99.10%	C
2 Tiempos 25/1	21,856	99.58%	C
Diesel S.3 SAE 50	19,632	100.00%	C
		%	
	4,631,190		

Tapones	Consumo Anual	% Acum.	
Capto-cap Verde	2,189,613	47.28%	A
Capto-cap Café	1,097,464	70.98%	B
Capto-cap Rojo	1,058,683	93.84%	B
Capto-cap Azul	263,574	99.53%	C
Capto-cap Naranja	21,856	100.00%	C
	4,631,190	%	

Cajas	Consumo Anual	% Acum.	
CAJA No. 34	200,917	52.06%	A
CAJA No. 25-A	88,224	74.92%	B
CAJA No. 4	65,685	91.94%	B
CAJA No. 38	25,770	98.62%	C
CAJA No. 37	5,337	100.00%	C
	385,933	%	

De este modo es como clasificué las materias primas, de acuerdo con las premisas del análisis ABC. Es importante señalar que se realizaron por separado porque existen diversas combinaciones en el uso de cajas y tapones. El resumen de clasificación ABC en materias primas se expone en la figura 2-7.

Figura 2-7

Botellas

Clasificación	% de artículos	Consumo por Grupo	% de Consumo
A	27.77%	3,525,627	76.13%
B	27.77%	741,643	16.01%
C	44.46%	363,920	7.86%
TOTAL	100.00%	4,631,190	100.00%

Tapones

Clasificación	% de artículos	Consumo por Grupo	% de Consumo
A	20.00%	2,189,613	47.28%
B	40.00%	2,156,147	46.55%
C	40.00%	285,430	6.17%
TOTAL	100.00%	4,631,190	100.00%

Cajas

Clasificación	% de artículos	Consumo por Grupo	% de Consumo
A	20.00%	200,917	52.06%
B	40.00%	153,909	39.88%
C	40.00%	31,107	8.06%
TOTAL	100.00%	385,933	100.00%

observamos que una vez más se repite el comportamiento inicialmente planteado. A partir de este modelo de clasificación ABC enfocaremos nuestros esfuerzos para la determinación de controles y planeación de la producción e inventarios.

2.4.3 Aplicaciones de la Clasificación ABC

A continuación presento la manera sugerida de administrar el inventario a partir de la clasificación ABC.

1. Grado de control

a) Para los productos A se debe ejercer el control más estricto posible, incluyendo los registros más completos y exactos, una revisión regular hecha por el supervisor de mayor jerarquía (gerente de Producción), en el caso de la materia prima, los pedidos abiertos con entregas frecuentes del proveedor, un seguimiento cercano en toda la fábrica para reducir los tiempos guía, y así sucesivamente.

b) Para los productos B se debe ejercer un control normal que comprenda buenos registros y atención regular.

c) Para los productos C utilídense los controles más simples posibles, como la revisión visual periódica de los inventarios físicos con

registros simplificados o sólo con las anotaciones más sencillas de que las existencias de reposición han sido ordenadas; grandes cantidades de pedido y de inventarios para evitar el agotamiento de existencias y baja prioridad en la programación en la planta.

2. Registro de inventarios

a) Los productos A requieren los registros más exactos, completos y detallados con frecuente actualización en tiempo real. Es esencial un control estricto de los documentos de transacción, de las pérdidas por desperdicio, de las entradas y salidas.

b) Los productos B necesitan un manejo normal de registros, la actualización de los lotes, etc.

c) No se deben emplear registros complicados para los productos C ni se deben actualizar frecuentemente los lotes; en cambio, se debe llevar un conteo simplificado de los espacios que éstos ocupen en el almacén.

3. *Prioridad*

a) Los productos A tienen alta prioridad en todas las actividades para reducir el tiempo de espera y el inventario.

b) Los productos B requieren solamente un procesamiento normal con alta prioridad sólo cuando son críticos.

c) Los artículos C son de la menor prioridad.

4. *Procedimientos de pedido*

a) Para los productos A se deben determinar con cuidado y exactitud las cantidades del pedido usando los puntos de reorden. Se necesita llevar un chequeo manual de los datos que están en la computadora, junto con una revisión frecuente para reducir el inventario.

b) Para los productos B revisense la Cantidad Orden Económica y los puntos de orden cada trimestre o cuando se presenten cambios importantes.

c) Para los productos C no se requiere llevar un sistema especial de compras como EOQ o cálculos del punto de orden. Se deben hacer pedidos lo mas grandes posibles. Se debe llevar revisión visual y acumulación de *stocks*.

2.5 El tamaño económico de lote

En el análisis del control de inventarios por lo general es conveniente y práctico estudiar juntos aquellos productos que caen dentro de los grupos naturales. Estos grupos pueden ser procesados por el mismo equipo de fabricación de productos en una misma clasificación ABC; por ejemplo, los productos A o de material pedido al mismo proveedor. Esto es particularmente cierto en la determinación del tamaño de los lotes en que se adquiere el material. Los costos, los requerimientos de capital, las

necesidades de espacio, las condiciones de operación y otros factores que deben considerarse en la determinación de los tamaños de lote son más significativos cuando se consideran familias de productos relacionados entre sí.

Para ejemplificar los cálculos del tamaño del lote que se van a utilizar he escogido los cinco productos que componen la clasificación A de las botellas en materias primas. Estos productos son considerados como los más necesarios para la satisfacción de los pedidos de los clientes. La figura 2-8 muestra la situación actual con tamaños de lote determinados por la regla empírica. Se procesará un producto a la vez.

Figura 2-8

Producto	Consumo Anual	No. Pedidos	Cantidad Pedido
Racing SAE 40	1,061,467	12	88,456
Transmisión Automática	1,058,683	12	88,224
Racing SAE 60	739,587	12	61,632
Transmisión 250	390,432	12	32,536
Transmisión 140	275,458	12	22,955
TOTALES		60	293,802

Inventario promedio por tamaño del lote = 146,901 unidades

Anualmente se colocan 12 pedidos (1 al mes) por año para cada producto, lo cual da un total de 60 pedidos por año; el inventario promedio de tamaño de lote resultante es de 146,901 piezas, que es la mitad del total de todos los tamaños de lote. Supondremos para este caso básico que los pedidos se reciben en una sola entrega y luego se consumen uniformemente durante el periodo, de tal manera que el inventario se reduce a cero. El inventario promedio de tamaño de lote es entonces la mitad del tamaño del lote. Está claro que si algunos de los pedidos que se usan para la botella de transmisión 140 se usaran para hacer pedidos de botella de Racing SAE 40, el inventario total se reduciría significativamente. Inclusive si se elaborara el pedido de un trimestre de la botella transmisión 140 esto no afectaría la inversión en inventario en gran medida, mientras que cada pedido adicional que se pudiera hacer en la botella de Racing SAE 40 generaría una reducción muy importante del inventario. La figura 2-9 muestra un redistribución de los 60 pedidos hecha solamente por inspección. El resultado es una pequeña reducción (5%) en inventario promedio total de 146,901 piezas a 140,190 piezas sin modificar la cantidad de pedidos colocada por año. La pequeña diferencia se debe a que todos los productos que están en el mismo grupo tienen altos consumos, aunque existe una diferencia sustancial entre la botella de Racing SAE 40 y la de Transmisión 140.

Figura 2-9

Producto	Consumo Anual	No. Pedidos	Cantidad Pedido
Racing SAE 40	1,061,467	17	62,439
Transmisión Automática	1,058,683	16	66,168
Racing SAE 60	739,587	10	73,959
Transmisión 250	390,432	9	43,381
Transmisión 140	275,458	8	34,432
TOTALES		60	280,379

Inventario promedio por tamaño del lote = 140,190

3. PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Los conceptos y métodos de planeación de la producción y calendarización integral se aplican sobre todo en los sistemas de productos estandarizados con un nivel alto o medio de producción y en los sistemas cerrados de talleres de trabajo. Cuando menos son muy útiles para lograr la mejor utilización posible de las instalaciones, dentro de las restricciones impuestas por las políticas que rigen la contratación y liquidación de personal, los inventarios y el empleo de capacidad externa, y dentro de las limitaciones de la capacidad propia de la empresa. El proceso de planeación de la producción permite la consideración de una gama más amplia de soluciones alternativas relacionadas con la utilización de tales capacidades.

3.1 Planeación agregada

Desde un punto de vista gerencial siempre se desea planificar y controlar las operaciones de la manera más extensa posible mediante algún tipo de planeación agregada que pase por alto los detalles de los productos individuales y la programación detallada de las instalaciones y el personal. Este hecho es un buen ejemplo de cómo los gerentes de producción utilizan

realmente conceptos de sistemas comenzando con el conjunto global. La administración prefiere hacerse cargo de las decisiones básicas de mayor relevancia relacionadas con la programación de la utilización de los recursos. Esto se logra por medio de una revisión de los niveles proyectados de empleo y el establecimiento de ritmos de actividad que pueden ser modificados dentro de un nivel dado de empleo variando las horas trabajadas (trabajando horas extras o un número menor de horas). Una vez que se han tomado estas decisiones básicas para el siguiente periodo puede procederse a una programación detallada en un nivel más bajo dentro de las limitaciones establecidas por el plan general.

Lo primero que se requiere para el establecimiento de planes agregados es el desarrollo de alguna unidad global lógica para la medición de los resultados; en este caso, los litros de aceite que se producen de un mismo tipo o el número de piezas (botellas) que se envasan en las tres líneas de trabajo.

Deberemos contar con la capacidad para elaborar pronósticos para un período razonable de planeación -posiblemente un año-, con base en estos términos agregados. Finalmente, deberemos contar con la capacidad de aislar y medir todos los costos relevantes. Estos costos pueden ser

reconstruidos en la forma de un modelo que permitirá adoptar decisiones casi óptimas para la secuencia de periodos dentro del horizonte de planeación.

La planeación agregada incrementa el rango de alternativas para una mejor utilización de la capacidad que podemos considerar. Las políticas pueden ser las siguientes:

1. Usar el inventario para absorber las fluctuaciones de la demanda que se presentarán durante los próximos 6 a 12 meses.
2. Absorber las fluctuaciones del mismo período sólo mediante variaciones en el tamaño de la fuerza de trabajo.
3. Mantener estable la fuerza de trabajo y absorber las fluctuaciones en la magnitud de las órdenes y los pedidos.
4. Establecer el nivel de servicio al cliente para saber hasta qué punto se deben satisfacer todas las demandas.

En la mayoría de estas políticas tal vez resulte cierto que cualquiera de estas políticas puras no sean tan efectivas como establecer una especie de balance entre ellas. Existen ciertos costos asociados con cada una de estas

políticas. En este capítulo se realizará una combinación de estas políticas puras a la cual se le denominará política mixta.

3.2 Costos de la planeación agregada

Las decisiones relacionadas con la producción, la fuerza de trabajo y los niveles de inventario en forma agregada influyen sobre diversos costos importantes. Es necesario identificar y cuantificar estos costos de tal manera que los distintos planes agregados alternativos puedan ser evaluados sobre un criterio de costos totales. Algunos de los costos que pueden resultar relevantes son:

- Costos de nómina.
- Costos de tiempo extra, segundos turnos y subcontratación.
- Costos de contratación y despido de trabajadores.
- Costos de excedentes y faltantes de inventarios.
- Costos de cambios en las cuotas de producción.

Las partidas de costos seleccionadas que se incluyen en el modelo deberán variar de acuerdo con los cambios en las variables de decisión. Si una partida de costos -por ejemplo, el sueldo del gerente de producción- debe ser considerada sin importar el plan agregado que se seleccione, entonces este costo lo excluimos de la consideración general. Sin embargo, el comportamiento de los costos respecto de los cambios en las variables de decisión no es fácil de cuantificar. Para poder simplificar el sistema con el objeto de aplicar modelos más sencillones, tales como algún método gráfico, supondremos que los costos son una función lineal de la variable de decisión correspondiente. El comportamiento de las partidas de costos lo podemos observar a continuación:

En la figura 3-1 se percibe que los costos de nómina tienen un forma casi lineal. Este supuesto puede no ser adecuado si la oferta de mano de obra está limitada y si cualquier adición incremental al inventario de mano de obra dentro de los niveles más altos de producción puede efectuarse sólo mediante el pago de salarios más elevados.

La productividad de la mano de obra respecto al volumen de actividades, mostrada en la figura 3-2, convierte al costo de mano de obra por unidad en una función no lineal. Visualizando la mano de obra en términos agregados y

sin considerar cambios substanciales en la tecnología básica, cabe esperar que la base de la curva de productividad exhiba dificultades durante el inicio de operaciones que se reflejarán en una menor producción por trabajador-hora. En el rango medio de una operación con un solo turno, esta curva puede ser aproximadamente lineal como es en nuestro caso concretamente. Pero, al acercarse a los límites de capacidad, la productividad disminuye como consecuencia de un mayor congestionamiento, una mayor acumulación de recursos en las instalaciones, interferencias y demoras. Existe una tendencia a trabajar en un solo turno a través de recurrir al tiempo extra con la fuerza de trabajo existente, lo cual tiene un costo más elevado de contribución marginal. Los cambios en la tecnología pueden modificar el nivel y el contorno de la curva, pero las no linealidades generales no desaparecerán.

En la figura 3-3 se perciben dos componentes de costos relacionados con los materiales. Se supone que el costo de los materiales será lineal en relación al volumen (línea punteada), pero los descuentos por volumen y un departamento de compras agresivo permiten obtener economías a mayores volúmenes (línea sólida). Al aumentar el volumen el tamaño del inventario agregado necesario para mantener el proceso de producción-distribución también aumenta, pero no en proporción directa.

En la figura 3-4 se presentan los costos relativos de mantener demasiado o muy poco inventario. Lo anterior presupone que, para cada nivel de operación, existe un inventario agregado ideal para soportar el proceso productivo. Los inventarios pueden variar a partir de esta cantidad ideal debido a que pueden ser diferentes de los niveles ideales debido a lo voluble de la demanda por parte de los consumidores. Si la demanda fuera menor a la esperada, se incurriría en inventarios adicionales así como en el costo derivado de mantenerlos. Si la demanda fuera mayor a lo esperado, se incurriría en rezagos o en costos de faltantes, así como en posibles costos de oportunidad por ventas perdidas o un menor volumen de actividad.

Las figuras 3-5 y 3-6 incluyen dos partidas de costos asociados con cambios en los niveles de producción y empleo. Cuando se modifican los resultados producidos, se incurre en algunos costos como consecuencia de la replaneación y reorganización necesarias para el nuevo nivel de producción y del balanceo de personal e instalaciones.

Cuando se opera cerca de un límite de capacidad, los costos aumentan y las utilidades disminuyen. Esto sucede como resultado del comportamiento de algunos de los componentes del costo y de la declinación en la productividad

de la mano de obra, el empleo de tiempo extra y la relativa ineficiencia del personal de reciente contratación. Cuando se opera cerca de un límite de capacidad estos aumentos en costos son generalmente mayores que los ahorros en los costos de materiales e inventarios. Cuando se toma la decisión de aumentar un segundo turno, existirán ciertos costos semifijos adicionales derivados del establecimiento del segundo turno. Al avanzar hacia el rango de volumen del segundo turno la productividad será baja inicialmente, reflejando las condiciones propias del arranque y se repetirá una configuración parecida a la del primer turno.

Muchos costos afectados por decisiones de agregación y programación no son fáciles de cuantificar y generalmente no aparecen segregados en los registros de contabilidad. Algunos, como los costos de intereses sobre la inversión en el inventario, son costos de oportunidad. Otros costos no son medibles, tales como aquellos incurridos como parte de las relaciones públicas y el desarrollo de una imagen pública. Sin embargo, todos los costos son reales y afectan las decisiones de planeación agregada.

3.3 Estructura de la planeación

En el análisis estructural de planeación agregada se pueden encontrar dos estructuras fundamentales; la primera, que se considera de una etapa o

etapa única, y la segunda, donde concurre más de una etapa, la estructura de etapas múltiples.

La estructura más simple del problema de planeación agregada está representada por el sistema de una sola etapa mostrado en la figura 3-7. En esta figura el horizonte de planeación es de solamente un periodo en el futuro; por tanto, a la figura 3-7 se le denomina sistema de una "sola etapa" o "etapa única". El estado del sistema al final del último periodo está definido por W_0 , P_0 e I_0 , el tamaño agregado de la fuerza de trabajo, la producción o ritmo de actividad y el nivel de inventarios, respectivamente. Las condiciones de un estado final se convierten en las condiciones iniciales para el próximo periodo. Se cuenta con un pronóstico de los requerimientos para el próximo periodo; mediante algún proceso se toman decisiones que establecen el tamaño de la fuerza de trabajo y el ritmo de producción para el periodo entrante. El inventario final proyectado es entonces, $I_1 = I_0 + P_1 - F_1$, donde F_1 son las ventas estimadas.

Las decisiones adoptadas pueden requerir la contratación o el despido de personal, aumentando o contrayendo así la capacidad efectiva del sistema productivo. El tamaño de la fuerza de trabajo, junto con la decisión sobre el ritmo de actividad durante el periodo, determina entonces la cantidad de

tiempo extra requerido, los niveles de inventario, la extensión de pedidos atrasados, el hecho de que deba añadirse o cancelarse un turno y otros posibles cambios en el procedimiento operativo. Los costos comparativos que resultan de las distintas alternativas de decisión sobre el tamaño de la fuerza de trabajo y el ritmo de producción son de gran interés para juzgar la efectividad de las decisiones tomadas y del proceso usado para la toma de decisiones. El costo comparativo de una secuencia de tales decisiones alternativas también resulta de interés para juzgar el grado de aplicación del modelo de una sola etapa.

Si tomáramos una secuencia de decisiones independientes utilizando la estructura del modelo de una sola etapa mostrado en la figura 3-7, los pronósticos para cada uno de los primeros cuatro periodos presentarían una tendencia decreciente progresiva; el proceso de decisión adoptado respondería determinando una reducción del tamaño de la fuerza de trabajo y de los ritmos de actividad en alguna combinación, con lo cual se incurriría en costos por despidos y rotación. Para los periodos quinto a décimo, si se determina que los pronósticos para dichos periodos presentan una tendencia creciente, el proceso de decisión en cada uno de estos periodos implica la contratación de nuevo personal y un aumento en el ritmo de producción, con lo que se generan más costos de contratación y rotación. El horizonte de planeación de un solo periodo ha hecho que cada decisión independiente

parezca lógica en términos internos, pero ha resultado en el despido de algunos trabajadores sólo para contratarlos nuevamente.

Si se hubieran podido visualizar varios periodos futuros con un proceso de decisión adecuado tal vez se hubiera decidido estabilizar el tamaño de la fuerza de trabajo, cuando menos hasta cierto punto, y absorber las fluctuaciones en la demanda de alguna otra manera. Hubiéramos podido cambiar el ritmo de actividades mediante el empleo de tiempo extra y menos horas de trabajo o manteniendo inventarios adicionales durante la caída en la curva de la demanda. Ampliar el horizonte de planeación puede mejorar la efectividad del sistema de planeación agregada.

En la figura 3-8 se muestra un sistema de planeación agregada con etapas múltiples en el que se ha ampliado el horizonte con pronósticos para cada uno de los periodos. El objetivo sigue siendo el mismo que antes: tomar decisiones relacionadas con el tamaño de la fuerza de trabajo y con el ritmo de producción para el próximo periodo. Al hacerlo, sin embargo, se considera la posible secuencia de decisiones proyectadas en relación con los pronósticos y sus efectos sobre los costos. La decisión para el próximo periodo está afectada por los pronósticos para los próximos periodos y el proceso de decisión debe considerar los efectos de la secuencia de decisiones

sobre los costos. Las conexiones entre las diversas etapas están dadas por los valores W , P , e I al final de un periodo y en el inicio del siguiente. El ciclo de retroalimentación a partir del proceso de decisión puede implicar ciertos procedimientos iterativos o de prueba por error para obtener una solución.

3.4 Tomas de decisión en la planeación agregada

El problema real de la planeación agregada es el de planeación de la producción enfrentado por una organización como la nuestra, que busca satisfacer una configuración variable de demanda durante un horizonte de tiempo de duración media (en este caso, un año). Específicamente, las decisiones gerenciales en el problema de planeación agregada consisten en establecer cuotas de producción y niveles de fuerza de trabajo para cada uno de los periodos dentro del horizonte de planeación. Existen varios métodos disponibles en la consulta bibliográfica que difieren uno de otro con base en la estructura de costos planteada y en el grado óptimo alcanzado en la solución. En nuestro caso se ha elegido el método gráfico para lograr un adecuado establecimiento de parámetros y obtener exactitud en los resultados.

En la figura 3-9 se muestra un pronóstico de los requerimientos esperados de producción mensual. En la columna 4 (los datos fueron

obtenidos en la planeación de la demanda, véase el Capítulo 1) los datos son acumulados por mes en la columna 5. La relación de cresta a valle en el programa de requerimientos es de 481,000 unidades en enero a 353,318 en mayo, es decir, $481,000/353,000 = 1.36$.

Debe notarse, sin embargo, que el número de días hábiles por mes mostrado en la columna 2 varía considerablemente, de 23 días hábiles en marzo, a solamente 15 en diciembre. (La planta productiva cierra por un espacio de 15 días en el mes de diciembre debido a las vacaciones de fin de año que se ofrecen a los trabajadores, pero sería una buena idea mantener una rotación de vacaciones para evitar paros tan prolongados en producción y ventas). Por tanto, la oscilación en los requerimientos de producción por día de producción varía de $403,285/15 = 26,885$ en diciembre a $374,241/23 = 16,271$ en marzo; es decir, una relación de $26,885/16,271 = 1.65$. Esta variación substancial en los requerimientos diarios de producción muestra en la gráfica de requerimientos de la figura 3-10. El desarrollo de programas agregados que satisfagan estos requerimientos estacionales es parte del problema. El reto consiste en desarrollar programas agregados que reduzcan al mínimo posible los costos incrementales asociados con la satisfacción de los requerimientos.

La capacidad normal de la planta es de 24,000 unidades al día, es decir, 8,000 por cada máquina de llenado. Puede obtenerse un aumento en la capacidad mediante el empleo de tiempo extra hasta alcanzar una capacidad máxima de 32,000 unidades al día. El costo adicional por unidad para las unidades producidas durante el tiempo extra es de \$120.00.

Figura 3-10

Mes	Días de producción	Días de producción acumulada	Requerimientos esperados de producción	Requerimientos acumulados de producción	Inventarios de seguridad requeridos	Requerimientos máximos de producción acumulados	col. 2 a col. 6	Requerimientos de producción por día de producción
Enero	20	20	481,491	481,491	240,746	722,237	4,814,912	24,075
Febrero	20	40	384,893	866,384	192,447	1,058,631	3,648,632	18,245
Marzo	23	63	374,241	1,240,625	187,120	1,427,745	4,303,767	16,271
Abril	16	79	377,814	1,618,439	188,907	1,807,345	3,022,509	23,613
Mayo	19	98	353,318	1,971,757	176,659	2,148,416	3,356,521	18,596
Junio	21	119	397,324	2,369,080	198,662	2,567,742	4,171,897	18,920
Julio	22	141	420,965	2,790,045	210,482	3,000,527	4,630,610	19,135
Agosto	22	163	460,736	3,250,781	230,368	3,481,149	5,068,101	20,943
Septiembre	21	184	436,894	3,687,675	218,447	3,906,122	4,587,385	20,804
Octubre	21	205	455,038	4,142,713	227,519	4,370,232	4,777,898	21,668
Noviembre	20	225	451,165	4,593,878	225,583	4,619,461	4,511,652	22,558
Diciembre	15	240	403,204	4,997,082	201,602	5,198,684	3,024,030	26,880

Inventario de seguridad promedio = $50,118,819 / 240 = 208,828$ unidades.

3.4.1 Inventarios de seguridad y requerimientos máximos

En la columna 6 de la figura 3-10 se muestran los inventarios de seguridad, los cuales constituyen las existencias mínimas requeridas. Estos inventarios de seguridad fueron determinados por medio de un proceso apreciativo. Su propósito es anticipar la posibilidad de que los requerimientos del mercado pudieran ser mayores de lo esperado. Cuando los inventarios de seguridad para cada mes se agregan a los requerimientos acumulados de producción en la columna 5, se obtienen los requerimientos acumulados máximos mostrados en la columna 7. En la columna 8 se establecen las bases para la ponderación del inventario de seguridad en términos de días de producción y para el cálculo del inventario de seguridad promedio de 208,828 unidades mencionado en la nota incluida en el pie de la figura.

3.4.2 Alternativas de planeación

3.4.2.1 Nivelación del índice de producción

El plan de producción más sencillo consiste en establecer un nivel promedio de producción que satisfaga los requerimientos anuales. Los requerimientos anuales totales son la última cifra en el resumen de requerimientos acumulados en la columna 5 de la figura 3-9 -4,997,163 unidades. Como se tienen 240 días hábiles, una producción promedio de $4,997,163/240=20,822$ unidades diarias debería cubrir los requerimientos, y debido a que las partidas o lotes de producción están limitados a 5,000 unidades por lote, cerraremos la cantidad a 20,000 unidades diarias. Pueden presentarse algunos problemas con un programa de este tipo debido a la calendarización necesaria, pero más adelante se verá qué puede hacerse acerca de estos problemas. La estrategia es simple: acumular inventarios de temporada durante los meses de menor demanda de producción para utilizarlos durante los meses con demanda pico. El plan de nivelación del

Índice de Producción se muestra en relación con los requerimientos diarios de producción en la figura 3-10 como estrategia 1.

Los requerimientos de inventario para esta estrategia se calculan en la figura 3-11. En la columna 3 se calcula la producción de cada mes y después se acumula en la columna 4 para producir un resumen de unidades disponibles mensualmente, comenzando con un inventario inicial global (de todos los 18 productos) de 240,746, el nivel requerido de inventario de seguridad en enero. Después, mediante la comparación de las unidades disponibles en la columna 4 con los requerimientos máximos acumulados en la columna 5, se puede generar el programa de inventarios estacionales en la columna 6.

Figura 3-11

Días de Producción	Índice de Producción	Producción en el mes	Inventario Disponible	Requerimientos acumulados Máximos	Inventario Estacional	Col. 1 x Col. 6
20	20,000	400,000	640,746	722,237	-81,491	-1,629,823
20	20,000	400,000	1,040,746	1,058,631	-18,085	-361,707
33	20,000	460,000	1,500,746	1,427,749	73,000	1,679,008
16	20,000	320,000	1,820,746	1,607,345	13,400	214,404
19	20,000	380,000	2,200,746	2,148,416	52,330	994,269
21	20,000	420,000	2,620,746	2,567,742	53,004	1,113,077
22	20,000	440,000	3,060,746	3,000,527	60,219	1,324,810
22	20,000	440,000	3,500,746	3,481,149	19,596	431,177
21	20,000	420,000	3,920,746	3,906,122	14,624	307,099
21	20,000	420,000	4,340,746	4,370,232	-29,486	-619,211
20	20,000	400,000	4,740,746	4,819,461	-78,715	-1,574,301
15	20,000	300,000	5,040,746	5,198,684	-157,938	-2,369,077
240						1,501,196

Inventario Estacional Promedio = $286,173 / 240 = 25,266$ unidades

Los inventarios estacionales para esta estrategia en la columna 6 varían de un máximo de 73,000 en marzo a un mínimo de -158,060 en diciembre. La importancia de los inventarios estacionales negativos es que el plan requiere que se recurra a los inventarios de seguridad. En diciembre se propone utilizar 158,060 unidades del inventario de seguridad previsto en 201,642 unidades, así como en los otros meses en los que el inventario estacional resulta negativo. El plan se recupera en los meses de marzo a septiembre y satisface los requerimientos agregados, debido a que el sistema productivo tiene una sobrecapacidad de producción, la cual puede ser controlada con disposición diferente de horas-hombre dentro de los meses de venta más bajos o con el método de contratación y despido de personal. Con este último incurriríamos en costos muy elevados, como veremos más adelante; además, no es ético el manejo de personal como mercancía.

Se decide no emplear los inventarios de seguridad dado que fueron diseñados para absorber aumentos inesperados en las ventas. (Si se planea utilizarlos inmediatamente pierden su efecto de seguridad y compensación). Para satisfacer los inventarios estacionales negativos lo que hace falta es aumentar el inventario inicial por el equivalente al balance más negativo del inventario estacional, -158,060 unidades en diciembre. Este nuevo nivel de

inventario inicial tiene el efecto de incrementar todo el programa de inventarios disponibles en la columna 4 de la figura 3-11 en 158,060 unidades. Entonces los inventarios promedio por temporada también aumentan en 158,060 unidades.

Los inventarios estacionales para esta estrategia se calculan en la figura 3-11 como 25,266 unidades, ponderadas por día de producción, asumiendo la utilización de inventarios de seguridad y faltantes registrados como se indica en la columna 6. Si el plan se revisa de manera que no sea necesario utilizar los inventarios de seguridad, el inventario estacional promedio será de 25,266 + 158,060 = 183,326 unidades.

Los costos de mantenimiento de inventario son de \$185.00 y los costos de faltantes son de \$134.00 por faltante (datos calculados y ofrecidos por el departamento de contabilidad y costos de la compañía); ahora ya pueden calcularse los costos relativos. Si los inventarios iniciales son de solamente 240,746, los costos anuales de inventario son $185 \times 25,266 = 4,674,210$ y los costos de faltantes son $134 \times 365,837 = 49,022,158$. Los costos incrementales totales son entonces de \$53,696,368.00.

Comparativamente, si se decide no emplear el inventario de seguridad, los inventarios estacionales promedio son de 183,326 unidades con un costo de $185 \times 183,326 = 33,915,310$, el cual será el costo total incremental total con

finés de comparación. Dados estos costos para el mantenimiento de inventarios e incurriendo en faltantes, resulta obviamente más económico planear inventarios más grandes.

En resumen, este plan tiene ventajas importantes: No requiere la contratación o el despido de personal, provee un empleo estable para los trabajadores, y además demuestra que se puede utilizar el tiempo ocupado para la fabricación de un lote más diario por todo un año; además, la programación es sencilla debido a la consistencia del índice de producción de 20,000 unidades al día. Sin embargo, desde el punto de vista de los costos incrementales de producción, no considera si existe o no una ventaja económica al cambiar los importantes costos de inventarios de temporada y faltantes por costo de tiempo extra y costos incurridos en la contratación o el despido de personal para satisfacer las variaciones estacionales en los requerimientos.

3.4.2.2 Montaje y desmontaje de líneas y tiempos extras

En la figura 3-12 se puede apreciar que la capacidad normal de la planta para llenar botellas de 950 ml permite una producción de 24,000 unidades al

día y que pueden obtenerse 4,000 unidades adicionales al día mediante el empleo de tiempo extra. Las unidades producidas con tiempo extra tienen un costo adicional de \$120.00 por unidad.

Hasta llegar a la capacidad normal de 24,000 unidades diarias la producción puede aumentarse o disminuirse montando y desmontando líneas de producción o envasado. El costo de cambiar los niveles de producción en esta forma es de \$3'250,000.00 por montar o desmontar una línea de envasado, debido a los costos mecánicos, del personal de mantenimiento y otros gastos asociados.

Esta estrategia ofrece las opciones adicionales de modificar las cuotas básicas de producción y de utilizar tiempo extra para satisfacer requerimientos extraordinarios. Esto se muestra en la figura 3-12 y abarca dos niveles básicos de empleo: mano de obra para producir cuotas normales de 16,000 y 20,000 unidades diarias. Pueden lograrse variaciones adicionales mediante el empleo de tiempo extra cuando es necesario. La estrategia presenta el siguiente programa:

- 0 a 20 días - producir 25,000 unidades diarias (producir en 5 lotes al día y producir 1000 unidades diarias en tiempo extra).**
- 21 a 63 días - producir 16,000 unidades diarias (ocupar el medio turno restante en otra actividad).**
- 64 a 79 días - producir 24,000 unidades diarias (aumentar un lote diario de producción con personal ya contratado en la compañía).**
- 80 a 119 días - producir 19,000 unidades diarias (producir 3,000 unidades diarias en tiempo extra y ocupar el medio turno restante en otra actividad).**
- 120 a 141 días - producir 20,000 unidades diarias.**
- 142 a 163 días - producir 22,000 unidades diarias (producir 2,000 unidades diarias en tiempo extra).**
- 164 a 184 días - producir 20,000 unidades diarias.**
- 185 a 205 días - producir 22,000 unidades diarias (producir 2,000 unidades diarias en tiempo extra).**
- 206 a 225 días - producir 23,000 unidades diarias (producir 3,000 unidades diarias en tiempo extra).**

226 a 240 días - producir 24,000 unidades diarias (aumentar un lote diario de producción con personal ya contratado en la compañía).

Figura 3-12

Días de Producción	Índice de Producción	Producción en el mes	Inventario Disponible	Requerimientos acumulados Máximos	Inventario Estacional	Col. 1 x Col. 6
20	25,000	500,000	740,746	722,237	16,509	370,177
20	16,000	320,000	1,060,746	1,058,831	1,915	38,293
23	16,000	368,000	1,428,746	1,427,745	1,000	23,008
16	24,000	384,000	1,612,746	1,607,345	5,400	86,404
19	19,000	361,000	2,173,746	2,148,416	25,330	481,269
21	19,000	399,000	2,572,746	2,567,742	5,004	105,077
22	20,000	440,000	3,012,746	3,000,527	12,219	268,810
22	22,000	484,000	3,496,746	3,481,149	15,596	343,117
21	20,000	420,000	3,916,746	3,906,122	10,624	223,099
21	22,000	462,000	4,378,746	4,370,232	8,514	178,789
20	23,000	460,000	4,838,746	4,819,461	19,285	385,699
15	24,000	360,000	5,198,746	5,198,684	62	923
240						2,096,196

Inventario Estacional Promedio = $2,096,196 / 240 = 8,734$

Los cálculos para los requerimientos de inventario de temporada dentro de esta estrategia son similares a los cálculos para la estrategia de nivelación del índice de producción. El inventario de temporada para esta estrategia ha sido reducido a solamente 8,734 unidades, 35% del inventario estacional de la estrategia de nivelación del índice de producción con faltantes y 6% de la misma estrategia sin faltantes.

Figura 3-13

Días de Producción	Índice de producción/día	Índice de cambio en unidades producidas	Unidades producidas en tiempo extra
20	25,000	1	1,000
20	16,000	1	0
23	16,000	1	0
16	24,000	1	0
19	19,000	0	3,000
21	19,000	0	3,000
22	20,000	0	0
22	22,000	0	0
21	20,000	0	0
21	22,000	0	2,000
20	23,000	0	3,000
15	24,000	1	0
		5	12,000

Costos de cambios en el índice de producción = $5 \times 3'250,000 = 16'250,000$

(Un cambio de el índice básico de una unidad requiere el montaje y desmontaje de una línea de producción, lo cual tiene un costo de \$3'250,000.00 cada una)

Costo de tiempo extra a \$120.00 adicionales por unidad = $12,000 \times 120 = 1'440,000$

Costo de inventario estacional (8,734 unidades a \$185.00 por unidad por año)

$$8,734 \times 185 = 1,615,790$$

Costo incremental total = \$19'305,790.00

Para balancear la reducción en el inventario es necesario montar y preparar cinco veces una línea de producción. Además, se habrá producido un importante número de unidades con costos de tiempo extra en seis de los 12 meses del año. Los costos de esta estrategia se resumen en la figura 3-13. Los costos incrementales totales de esta estrategia son de \$19'305,790.00, equivalentes a 36% por ciento de la estrategia de nivelación del índice de producción con faltantes, y a 57% de dicho plan sin faltantes.

La estrategia de montaje y desmontaje de líneas de envasado y uso de tiempo extra es relativamente más económica, pero requiere importantes fluctuaciones en el tamaño de la fuerza de trabajo. Esta es una excelente alternativa, ya que dentro de la compañía no existe la política de despedir al personal supuestamente provisional, por lo que esta estrategia lo substituye por el montaje y desmontaje de líneas; sin embargo, si se pudiera ocupar al personal excedente en otras áreas productivas de la compañía, siempre

manteniendo un adecuado ritmo de trabajo. Por otra parte, más adelante analizaremos la posibilidad de aumentar la capacidad máxima de producción con la misma fuerza de trabajo, lo cual reduciría los tiempos extra.

3.4.2.3 La maquilación como fuente de producción

Puede considerarse una tercer estrategia alternativa consistente en incluir fluctuaciones menores en la fuerza de trabajo mediante el empleo de tiempo extra, inventarios estacionales y la subcontratación para absorber las diferencias provocadas por las fluctuaciones en los requerimientos. Esta estrategia presenta el siguiente programa:

- 0 a 20 días - producir 24,150 unidades diarias (producir en 5 lotes al día y hacer un pedido mensual al maquilador por 3,000 unidades).**
- 21 a 41 días - producir 17,000 unidades diarias (ocupar el medio turno restante en otra actividad y producir 1,000 unidades en tiempo extra).**
- 42 a 63 días - producir 16,000 unidades diarias (ocupar el medio turno restante en otra actividad).**

64 a 79 días - producir 23,500 unidades diarias (producir 3,000 unidades diarias en tiempo extra y hacer un pedido mensual al maquilador por 8,000 unidades).

80 a 98 días - producir 18,000 unidades diarias (ocupar el medio turno restante en otra actividad y producir 2,000 unidades en tiempo extra).

99 a 142 días - producir 20,000 unidades diarias.

143 a 163 días - producir 21,500 unidades diarias (producir 1,000 unidades diarias en tiempo extra y hacer un pedido mensual al maquilador por 11,000 unidades).

164 a 184 días - producir 20,500 unidades diarias (hacer un pedido mensual al maquilador por 10,500).

185 a 205 días - producir 22,000 unidades diarias (producir 2,000 unidades diarias en tiempo extra).

206 a 225 días - producir 22,500 unidades diarias (producir 2,000 unidades diarias en tiempo extra y hacer un pedido al maquilador por 10,500 unidades).

226 a 240 días - producir 25,000 unidades diarias (aumentar un lote diario de producción con personal ya contratado en la compañía y producir 1,000 unidades diarias en tiempo extra).

Figura 3-13

Días de Producción	Índice de Producción	Producción en el mes	Inventario Disponible	Requerimientos acumulados Máximos	Inventario Estacional	Col. 1 x Col. 6
20	24,150	483,000	723,746	722,237	1,509	30,177
20	17,000	340,000	1,063,746	1,058,831	4,915	98,293
23	16,000	368,000	1,431,746	1,427,745	4,000	92,008
16	23,500	376,000	1,807,746	1,807,345	400	6,404
19	18,000	342,000	2,149,746	2,148,416	1,330	25,269
21	20,000	420,000	2,569,746	2,567,742	2,004	42,077
22	20,000	440,000	3,009,746	3,000,527	9,219	202,810
22	21,500	473,000	3,482,746	3,481,149	1,596	35,117
21	20,500	430,500	3,913,246	3,906,122	7,124	149,599
21	22,000	462,000	4,375,246	4,370,232	5,014	105,289
20	22,500	450,000	4,825,246	4,819,461	5,785	115,699
15	25,000	375,000	5,200,246	5,198,664	1,562	23,423
240						797,696

Inventario Estacional Promedio = $797,696 / 240 = 3,324$

Esta estrategia reduce todavía más los inventarios estacionales a un promedio de solamente 3,324 unidades. La fluctuación del empleo es igual, pues implica el montaje y desmontaje de líneas cinco veces. Se producen 12,000 unidades, la misma cantidad que con la estrategia de contratación y despido de personal, pero se subcontrata un total de 42,500 unidades con un costo adicional de \$ 130.00 por unidad.

Figura 3-14

Días de Producción	Índice de producción/día	Índice de cambio en unidades producidas	Unidades producidas en tiempo extra	Pedido mensual al maquilador
20	24,150	1	0	3,000
20	17,000	1	1,000	0
23	16,000	1	0	0
16	23,500	0	3,000	8,000
19	18,000	1	2,000	0
21	20,000	0	0	0
22	20,000	0	0	0
22	21,500	0	1,000	11,000
21	20,500	0	0	10,500
21	22,000	0	2,000	0
20	22,500	0	2,000	10,000
15	25,000	1	1,000	0
		5	12,000	42,500

En la figura 3-16 se resumen los costos de las tres estrategias presentadas. La estrategia 2 de montaje y desmontaje de líneas, además de la utilización de tiempo extra, es la ideal, debido a que se demuestra aquí que la estandarización de producción puede ser de 20,000 unidades promedio al día en lugar de la capacidad actual de 24,000 unidades diarias. La estrategia 3 es un poco más cara y no se recomienda aplicarla, pues el control de calidad se ve modificado al confiarlo a un segundo envasador.

3.5 Gráficas acumulativas

Aunque la figura 3-10 muestra con bastante claridad los efectos de los cambios en el ritmo de producción, en realidad resulta relativamente más sencillo trabajar con curvas de acumulación, las cuales se muestran en la figura 3-17. El procedimiento consiste en trazar primero los requerimientos acumulados de producción. La curva de requerimientos máximos acumulados será simplemente la anterior y se añadirán los inventarios de seguridad por cada período. La gráfica acumulada de requerimientos máximos puede ser utilizada entonces como base para la generación de propuestas de programas alternativos. Cualquier programa de producción que resulte viable, en el sentido de que satisface los requerimientos mientras que al mismo tiempo suministra la protección adecuada de inventario de seguridad, debe quedar completamente por encima de la línea de requerimientos acumulados máximos. Las distancias verticales entre las curvas de los programas propuestos y la curva de requerimientos máximos acumulados representan la acumulación de inventarios de temporada para cada uno de los planes.

Los métodos gráficos son simples y tienen la ventaja de permitir la visualización de programas alternativos a lo largo de un amplio horizonte de planeación. Sin embargo, las dificultades enfrentadas con los métodos gráficos son la naturaleza estática del modelo gráfico y el hecho de que el proceso no optimiza en ningún sentido los costos o las utilidades. Además, el proceso no genera en sí mismo programas adecuados; simplemente compara las propuestas que se han sugerido.

Las propuestas de planes alternativos usadas en relación con los métodos gráficos indican la sensibilidad de los planes al empleo de distintas fuentes de capacidad a corto plazo: inventarios de temporada, faltantes, el uso de la capacidad generada por tiempo extra y la maquilación.

3.6 Conciliación entre producción, comercialización y finanzas

La razón fundamental para la planeación agregada y los métodos de programación es la utilización de conceptos de sistemas en la toma de decisiones clave para el departamento de producción. Los resultados de coordinar decisiones relacionadas con niveles de actividad, tamaño de la fuerza de trabajo, el uso de tiempo extra y niveles de inventario ilustran ampliamente el hecho de que esta clase de decisiones deben ser tomadas en

forma conjunta y no aisladamente. Tomarlas en forma independiente conduce a resultados no muy óptimos.

3.7 Condiciones de incertidumbre

Generalmente la incertidumbre es mayor cuanto más lejano está el periodo de planeación en el futuro. Si la demanda real no resulta ser cercana a la esperada cuando se formuló el plan de producción agregada, pueden presentarse excedentes de inventario o faltantes. Para estar en condiciones de visualizar lo anterior considérese una sencilla situación en la que una compañía está siguiendo un plan de nivel de producción y está acumulando inventario para satisfacer el aumento estacional en la demanda. Existen tres situaciones posibles: la demanda durante los periodos estacionales altos resulta ser igual a la esperada, mayor a la esperada o menor a la esperada. En la primer situación la compañía continuará produciendo de acuerdo con lo planeado. En la segunda situación es posible que la compañía tenga que incrementar su capacidad pagando tiempo extra, maquilación, o algún otro método similar de producción adicional, para satisfacer el aumento de la demanda. Dado que la compañía está siguiendo un plan de nivel de producción, deberá contar con cierto inventario acumulado antes de que

comience la temporada de mayor demanda y algunos aumentos moderados de capacidad podrán ser suficientes para satisfacer la demanda adicional no esperada. En la tercer situación, sin embargo, la compañía puede verse atrapada por un excedente de inventario si se acumularon existencias considerables durante la temporada baja para satisfacer la demanda durante la temporada alta que no llegó a materializarse.

Considérese el caso de que la compañía siguiera un plan de seguimiento por producción en el cual los índices de producción se mantienen reducidos durante la temporada baja y se aumentan inmediatamente antes de que comience la temporada de alta demanda. Un plan de seguimiento es aquel que reacciona a la demanda y está caracterizado por seguirla fielmente. Nuevamente son posibles tres escenarios: la demanda durante la temporada alta resulta ser igual a la esperada, mayor a la esperada o menor a la esperada. Esta compañía podría confrontar la primera y segunda situaciones, respectivamente, manteniendo los índices de producción planeados o disminuyéndolos. En la segunda situación, sin embargo, la compañía puede enfrentar una situación de faltantes. Esto se debe a que en el plan de seguimiento es probable que la compañía esté utilizando una capacidad cercana a la máxima durante la temporada alta. En esta forma puede no existir suficiente flexibilidad para aumentar adicionalmente la capacidad para satisfacer una mayor demanda inesperada. La compañía puede ser altamente

vulnerable en esta situación debido a los múltiples competidores que existen, ya que los clientes no pueden esperar y la compañía perdería la venta definitivamente.

Para enfrentar la volatilidad de la demanda debemos considerar los pros y los contras de un excedente de inventarios y el costo de las ventas perdidas. Si el costo de excedentes de inventario es elevado, entonces debe tenerse cuidado en la acumulación de existencias para anticipar la demanda. Sin embargo, debido a que la compañía necesita evitar las ventas perdidas, será necesario mantener suficiente capacidad adicional en reserva para satisfacer una demanda inesperadamente elevada.

4. ESTUDIO DE TIEMPOS

4.1 Conceptos generales

La medición del trabajo es la aplicación de varias técnicas afines con el propósito de determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida.

El estudio de tiempos es una técnica de la medición del trabajo empleada para registrar tiempos y ritmos de trabajo de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas.

El propósito de la medición del trabajo es revelar las causas del tiempo improductivo, reducirlo y eliminarlo, así como fijar tiempos estándar en la ejecución del trabajo. Los estándares de producción se basan en los registros de trabajos semejantes realizados con anterioridad. Un estándar de tiempo cuidadosamente establecido posibilita una mayor producción en una planta, incrementando así la eficiencia del equipo y del personal que la opera. Estándares deficientemente establecidos ocasionarán costos más elevados, dificultades con los trabajadores y posiblemente crisis en la empresa.

Hay que considerar que el principio fundamental de las relaciones entre trabajos y salarios es que el trabajador tiene derecho a una percepción justa por un día justo de trabajo. Un día justo de trabajo es la cantidad de trabajo que puede producir un trabajador calificado laborando a un ritmo normal y utilizando efectivamente su tiempo. En muchos casos los operarios desean justificar su jornada e incluyen retrasos personales, evitables e inevitables en mayor grado de lo debido.

Un trabajador calificado es un individuo representativo en promedio de los trabajadores bien entrenados y capaces de ejecutar satisfactoriamente todas y cada una de las fases que constituyan un trabajo, según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

El ritmo normal es la rapidez efectiva de actuación de un trabajador concienzudo, autodisciplinado y competente cuando no trabaja ni despacio ni de prisa, y da la debida atención a las exigencias físicas, mentales o visuales de un trabajo o tarea específicos.

La utilización efectiva del tiempo consiste en mantener un ritmo normal al ejecutar los elementos esenciales del trabajo durante las diferentes partes del día, exceptuando los que se requieren para el descanso razonable y las necesidades personales, en circunstancias en las que el trabajo no está sujeto a limitaciones de proceso, equipo o de otra categoría.

Durante el proceso de fijación de tiempos estándar es de utilidad emplear la medición del trabajo para:

- **Comparar la eficacia de varios métodos**
- **Repartir el trabajo dentro de los equipos**
- **Determinar el número de máquinas que puede atender un operario**

Una vez fijados los tiempos estándar, éstos pueden ser utilizados para:

- 1. Obtener información que sustente el programa de producción**
- 2. Obtener información en la que se basen los presupuestos de ofertas, precios de venta y plazos de entrega.**
- 3. Fijar normas sobre uso de maquinaria y desempeño de la mano de obra, como base para instalar un sistema de incentivos.**
- 4. Obtener información que permita fijar costos estándar de producción y mano de obra.**

4.2 Estudio de tiempos

Lo primero que hay que hacer en el estudio de tiempos es seleccionar el trabajo que se va a estudiar, por ejemplo:

1. Novedad en la tarea.
2. Cambio de material o de método.
3. Quejas de los trabajadores sobre el tiempo estándar de una operación.
4. Demoras causadas por una operación lenta ("cuellos de botella").
5. Fijación de tiempos estándar antes de implantar un sistema de remuneración por rendimiento.
6. Bajo rendimiento o excesivos tiempos muertos.
7. Preparación para un estudio de métodos o comparación de las ventajas que presentan dos o más métodos posibles.
8. Costo aparentemente excesivo de algún trabajo.

Si el propósito es fijar normas de rendimiento, el estudio no se debería hacer mientras no se haya establecido y definido con un estudio de métodos la mejor forma de ejecutar el trabajo. Mientras no se haya encontrado, definido y estandarizado el mejor método no estará estabilizada la cantidad de trabajo que supone la tarea o proceso, por lo que primero hay que asegurarse de que el método es bueno.

Es esencial que el supervisor, el obrero, el representante sindical y el analista comprendan perfectamente los principios y la práctica de un estudio de tiempos, así como explicarles en términos sencillos la razón y objeto de trabajo.

Las responsabilidades del analista de tiempos suelen ser las siguientes:

1. Poner a prueba, cuestionar y examinar el método actual.
2. Analizar con el supervisor el equipo, método y destreza del operario antes de estudiar la operación.
3. Contestar las preguntas relacionadas con la técnica del estudio de tiempos que pudieran hacerle el representante sindical, el operario o el supervisor.

4. Abstenerse de toda discusión con el o los operarios que intervienen en el estudio.
5. Presentar información completa y exacta en cada estudio de tiempos.
6. Anotar cuidadosamente las medidas de tiempos correspondientes a los elementos de la operación.
7. Evaluar con honradez y justicia la actuación del operario.
8. Analizar las diversas situaciones y tomar decisiones correctas y rápidas, con la perspectiva de encontrar posibilidades de mejoramiento..
9. Elaborar un croquis que muestre claramente la localización de los depósitos de materia prima y las partes terminadas, así como un diagrama de procesos del operario.

Debe anotarse toda la información necesaria acerca de máquinas, herramientas de mano, plantillas, condiciones de trabajo, materiales en uso, operación que se ejecuta, nombre del operador y número de tarjeta del operario, departamento, fecha del estudio y nombre del tomador de tiempos. También será útil para mejorar los métodos una evaluación de los operarios, las herramientas y comportamiento de las máquinas.

4.2.1 Selección del operario

Cuando se puede escoger entre varios operarios es conveniente preguntar al capataz qué obrero se debe estudiar primero, subrayando que debe ser competente y constante en su trabajo. Una vez seleccionado el operario cuyo trabajo se estudiará, el especialista deberá hablarle y pedirle que trabaje a su ritmo habitual, haciendo las pausas a las que esté acostumbrado. Cuando se haya implantado un método nuevo hay que dar al trabajador tiempo sobrado para habituarse antes de cronometrarlo.

El observador deberá colocarse de pie, unos cuantos pasos detrás el operario, de manera que no lo distraiga ni interfiera en su trabajo; en posición tal que pueda observar todo lo que el operario realiza, particularmente con las manos. De ningún modo se intentará cronometrar al operario desde una posición oculta, sin su conocimiento.

4.2.2 Registro del tiempo de cada elemento

El estudio de tiempos suele constar de ocho etapas:

1. **Obtener y registrar toda la información posible acerca de la tarea, del operario y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo.**
2. **Registrar una descripción completa del método descomponiendo la operación en todos sus elementos.**
3. **Examinar el desglose para verificar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos; determinar el tamaño de la muestra.**
4. **Medir el tiempo con un instrumento apropiado.**
5. **Determinar simultáneamente la velocidad de trabajo efectiva del operario.**
6. **Convertir los tiempos observados en tiempos básicos.**
7. **Determinar los suplementos que se añadirán al tiempo básico.**
8. **Determinar el tiempo estándar.**

Es importante registrar toda la información pertinente obtenida mediante observación directa:

a) Información que permita hallar e identificar rápidamente el estudio cuando se necesite:

- Número de estudio
- Número de la hoja, número de hojas
- Nombre del especialista que hace el estudio
- Fecha del estudio
- Nombre de la persona que aprueba el estudio

b) Información que permita identificar con exactitud el producto o pieza que se elabore:

- Nombre del producto o de la pieza
- Nombre del plano o de la especificación
- Número de la pieza (si no es del plano)
- Material
- Condiciones de calidad (número de especificación tipo o "buen acabado")

c) Información que permita identificar con exactitud el proceso, el método, la instalación o la máquina:

- **Departamento o lugar donde se lleva a cabo la operación**
- **Descripción de la operación o de la actividad**
- **Número de la hoja de estudio de métodos o de instrucciones (cuando existan)**
- **Instalación o máquina (marca de fábrica, tipo, tamaño o capacidad)**
- **Herramientas, plantillas, dispositivos de fijación y calibradores utilizados**
- **Croquis del lugar de trabajo o de la maquinaria, y de la pieza, mostrando las superficies trabajadas.**
- **Velocidad y avance de la máquina u otros datos de la regulación que determinen el ritmo de producción de la máquina o proceso**

d) Información que permita identificar al operario

- **Nombre del operario**
- **Número de la ficha del operario (conviene anotar cuánta experiencia de la operación tiene el obrero en el momento del estudio, con objeto de determinar su posición en la curva de aprendizaje)**

e) Duración del estudio

- Comienzo (hora en que empieza el estudio)
- Término (hora en que termina el estudio)
- Tiempo transcurrido

f) Condiciones físicas del trabajo

•Temperatura, humedad, buena o mala luz, y demás datos que no figuren en el croquis del lugar de trabajo.

Es importante comprobar el método empleado por el operario. Si el propósito del estudio es fijar un tiempo tipo deberá realizarse con anterioridad el estudio de métodos y establecer la hoja de instrucciones. Habrá que comparar muy cuidadosamente el método del operario con el utilizado cuando se efectuó el primer estudio.

En ciertas ocasiones no hay más remedio que prescindir de ese estudio de métodos completo. Esto es común cuando se trata de tareas cortas que sólo se ejecutan en el taller pocas veces al año.

4.2.3 Separación de elementos

Para facilitar la medición, la operación se divide en grupos de varios elementos, y el analista debe observar al trabajador durante varios ciclos. Los elementos deben dividirse en partes lo más pequeñas posibles, pero no tan finas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. Divisiones elementales de aproximadamente 0.04 min son las más pequeñas susceptibles de ser leídas consistentemente, aunque se puede registrar con facilidad un elemento tan corto como 0.02 min. Las reglas principales para efectuar la división en elementos son:

1. Asegurarse de que son necesarios todos los elementos que se efectúan. Si se descubriera que algunos son innecesarios, el estudio de tiempos debe interrumpirse para llevar a cabo un estudio de métodos hasta obtener el más apropiado.

2. Los elementos deberán ser todo lo breves posible, de identificación fácil con principio y fin claramente definidos, de tal modo que puedan ser cronometrados con facilidad y exactitud, y de ser posible, identificar los puntos terminales por algún sonido característico.

3. Separar el trabajo productivo del improductivo.
4. Los elementos casuales y/o extraños deben cronometrarse por separado.
5. Conservar siempre por separado los tiempos de máquina y los de ejecución manual.
6. No combinar constantes con variables.
7. Evaluar la cadencia de trabajo con mayor exactitud.
8. Aislar los elementos que causan fatiga y fijar tiempos marginales de descanso.
9. Extraer los tiempos de los elementos que se repiten a menudo.

Una vez que se realiza la adecuada separación de todos los elementos que constituyen una operación, será necesario que se describa cada elemento con toda exactitud. El final o la terminación de un elemento es, automáticamente, el comienzo del que le sigue y suele llamarse "punto terminal". El analista puede emplear términos y símbolos comprensibles a todos los que deban tener acceso al estudio. Cuando un elemento se repite no es preciso describirlo por segunda vez, sino únicamente indicar en el

espacio en que debería ir la descripción el número con que se le designó al aparecer por primera vez.

4.3 Tipos de elementos

a) *Elementos repetitivos*: Son los que reaparecen en cada ciclo del trabajo estudiado.

b) *Elementos casuales*: Son los que no reaparecen en cada ciclo de trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares.

c) *Elementos constantes*: Son aquellos cuyo tiempo básico de ejecución es siempre igual.

d) *Elementos variables*: Son aquellos cuyo tiempo básico de ejecución cambia según ciertas características del producto, equipo o proceso, como dimensiones, peso, calidad.

e) *Elementos manuales*: Son los que realiza el trabajador.

f) *Elementos mecánicos*: Son los realizados automáticamente por una máquina.

g) *Elementos dominantes*: Son los que duran más tiempo que cualesquiera de los demás elementos realizados simultáneamente.

h) Elementos extraños: Son los observados durante el estudio y que al ser analizados no resultan ser una parte necesaria del trabajo.

4.4 Determinación del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se determina con base en alguno de los siguientes criterios:

- Considerando solamente las observaciones-
- Considerando los tiempos productivo e improductivo. .
- Considerando un numero aleatorio de observaciones.

4.5 Toma de tiempos-cronometraje

Existen dos técnicas para anotar los tiempos elementales durante el estudio. En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio y se toman lecturas en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En la técnica de regresos a cero el

cronómetro se lee al terminar cada elemento, y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento las manecillas parten de cero.

Algunos analistas prefieren usar ambos métodos considerando que los estudios en los que predominan elementos largos se adaptan mejor al método de regresos a cero, mientras que los estudios de ciclos cortos se realizan mejor con el procedimiento de lectura continua.

Con el método de regresos a cero no es necesario anotar los retrasos, pero un inconveniente reconocido es que los elementos individuales no deben quitarse de la operación y estudiarse individualmente, porque los tiempos elementales dependen de los elementos precedentes y subsiguientes. Si se omiten factores tales como retrasos, elementos extraños y elementos transpuestos, prevalecerán valores erróneos en las lecturas aceptadas. También hay que considerar el tiempo que se pierde en poner la manecilla en cero, con una pérdida media de 0.0038 min por elemento, o sea, 3.8% de error en un elemento que dure 0.10 min. Cuanto más corto sea el elemento, tanto mayor será el porcentaje de error introducido; y cuanto más largo sea el elemento, tanto menor será.

1. Se pierde tiempo al regresar a cero la manecilla, por lo que se introduce un error acumulativo en el estudio.
2. Es difícil tomar el tiempo de elementos cortos.
3. No siempre se obtiene un registro completo de un estudio en el que no se hayan tenido en cuenta los retrasos y los elementos extraños.
4. No se puede verificar el tiempo total sumando los tiempos de las lecturas elementales.

El método continuo presenta un registro completo de todo el período de observación. El trabajador puede ver que no se ha dejado ningún tiempo fuera del estudio y que los retrasos y elementos extraños han sido tomados en cuenta. Este método se adapta mejor para registrar elementos muy cortos, así como valores exactos de elementos sucesivos. Con la práctica, el analista puede observar tres elementos cortos sucesivos.

Si existieran grandes variaciones en los tiempos de los ciclos, y si tales variaciones no se deben a alteraciones del material, las herramientas o la maquinaria, sólo se pueden deber al desempeño del operario. Es posible que éste se haya propuesto despistar al analista, y entonces trabajará con forzada lentitud o hará movimientos innecesarios para conseguir un tiempo margen.

Cuando al observador se le escape hacer una lectura, deberá indicarlo; en ningún caso deberá hacer una aproximación. Ocasionalmente el operario omitirá un elemento, en cuyo caso se trazará una línea horizontal en el espacio correspondiente. Si los elementos son omitidos con frecuencia, el analista debe suspender el estudio e investigar la necesidad de ejecutar los elementos omitidos.

Otra variación con la cual puede encontrarse el observador es la ejecución de los elementos fuera de orden, frecuentemente cuando se estudia un trabajador nuevo o inexperto que lleva a cabo un trabajo de ciclo largo formado por muchos elementos. Para evitar este tipo de problemas lo más conveniente es estudiar a un operario competente y experimentado.

Durante el estudio de tiempos el operario puede encontrar retrasos inevitables, como la interrupción ocasionada por un compañero de trabajo, por un supervisor o por la rotura de una herramienta; a esta clase de interrupciones se les considera como "elementos extraños".

La mayoría de los elementos extraños se producen en la terminación de uno de los elementos que constituyen el estudio. Cuando un factor extraño se presenta durante la realización de un elemento, el observador denotará el suceso mediante la designación alfabética de dicho factor. Si el factor extraño

ocurriese en el punto terminal, la designación alfabética se anotará en la columna del elemento de trabajo que sigue a la interrupción.

Los valores pueden restarse en el momento en que se calcula el estudio para obtener la duración exacta del elemento extraño, anotándose en la columna de la sección de tales elementos. Algunas veces la investigación revela que elementos que se trataron como extraños tienen una relación definida con el trabajo que está siendo estudiado. En tales casos dichos elementos deberán considerarse como irregulares, y el tiempo transcurrido debe ser nivelado, añadiéndose la tolerancia o margen apropiados, y prorrateándose el resultado adecuadamente en el tiempo del ciclo para lograr un estándar correcto.

4.5.1 Valoración del operario

La valoración tiene por objeto determinar, a partir del tiempo que invierte realmente un operario calificado, cuál es el periodo estándar al que el trabajador calificado medio puede mantener y que sirva de base realista para la planificación, el control y los sistemas de primas; hay que saber ajustar el tiempo que tardó el trabajador contra el tiempo estándar que registra el elemento estudiado.

Se ha observado que el trabajador experimentado le lleva al inexperto las siguientes ventajas:

- Da a sus movimientos soltura y regularidad
- Adquiere ritmo
- Reacciona más pronto a las señales
- Prevé las dificultades y está preparado para superarlas
- Ejecuta su tarea sin forzar la atención y por tanto relaja más los nervios

El analista tiene que disponer de algún medio para evaluar el ritmo de trabajo del operario que observa y situarlo en relación con el ritmo normal. Valorar el ritmo es comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea del ritmo estándar que se ha formado mentalmente al ver cómo trabajan naturalmente los trabajadores calificados.

Las variaciones en el tiempo efectivo que lleva un elemento pueden deberse a factores ajenos al trabajador:

- Variaciones de la calidad u otras características del material utilizado.
- Menor eficacia de las herramientas

•Pequeños cambios inevitables en los métodos o condiciones de ejecución.

•Variaciones en la concentración mental necesaria para ejecutar ciertos elementos.

•Cambios en el clima y otros factores del medio ambiente, como luz, temperatura, etc.

Los factores que dependen del operario pueden ser:

•Variaciones debido a su pericia

•Variaciones debidas a su estado de ánimo

El ritmo óptimo de cada operario depende:

•Del esfuerzo físico que exija el trabajo (Un esfuerzo físico mayor hará más lento el ritmo de trabajo. Es importante no confundir la lentitud causada por la fatiga con la debida al esfuerzo).

- Del cuidado con que deba hacerlo (el ritmo decae cuando es preciso tener mayor cuidado)

- De su formación y experiencia

4.5.1.1 Aspectos en la valoración

No hay que atribuir valores demasiado altos cuando:

- El trabajador está preocupado o parece preocupado
- El trabajador pone exagerado esmero
- La tarea da la impresión de ser difícil
- El propio analista está trabajando con velocidad
- No hay que atribuir valores demasiado bajos cuando:
- El trabajador hace pensar que la tarea es fácil
- El trabajador tiene movimientos armoniosos y rítmicos
- El trabajador no se detiene para pensar cuando el analista lo preveía
- El trabajador realiza trabajo manual pesado
- El propio analista está cansado

La valoración se simplifica mucho si antes se ha efectuado un buen estudio de métodos que haya permitido reducir al mínimo las actividades que exigen capacidades o esfuerzos especiales.

4.5.2 Curva de aprendizaje

Los profesionales interesados en el estudio de la conducta humana reconocen que el aprendizaje depende del tiempo. Se necesitan horas para dominar una operación simple. Trabajos más complicados pueden tomar días y aún semanas.

Mucho ayudará al analista tener a su disposición curvas de aprendizaje representativas para las varias clases de trabajo que se llevan a cabo en la compañía. Esta información puede ser útil para determinar en qué momento de la producción sería deseable establecer el estándar, y también lo llevará a encontrar el nivel esperado de productividad que el operario medio alcanzará teniendo cierto grado de familiaridad con la operación, y después de haber producido cierto número de piezas. También hay que reconocer que no siempre que se inicia la producción de un nuevo diseño se generará necesariamente una nueva curva de aprendizaje.

La teoría sobre la curva de aprendizaje expresa que cada vez que se duplica la cantidad de unidades producidas, el tiempo unitario decrece en un porcentaje constante. Cuanto más pequeño sea el porcentaje de mejoramiento, tanto mayor será la mejora progresiva con el rendimiento de la producción.

4.5.2.1 Un buen sistema de valoración

Únicamente se debe realizar la valoración durante el transcurso de la observación de tiempos elementales. Se evaluarán cuidadosamente: velocidad, destreza, carencia de falsos movimientos, ritmo, coordinación, efectividad y todos aquellos factores que influyen en el rendimiento por el método prescrito.

Poca será la desviación que pueda observarse en la actuación del trabajador en operaciones repetitivas de ciclo corto; pero cuando el estudio es relativamente largo, o está compuesto de varios elementos de larga duración, puede esperarse que la actuación del operario varíe durante el estudio de tiempos.

4.6 Métodos de calificación

4.6.1 Sistema Westinghouse

En este método se consideran cuatro factores a evaluar: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. La habilidad se define como la pericia en seguir un método dado. Se determina por la experiencia y aptitudes inherentes, aumenta con el tiempo. Existen seis grados o clases de habilidad asignables: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente y extrema (u óptima).

El esfuerzo o empeño se define como una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia. El empeño es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad. Pueden distinguirse seis clases representativas de rapidez: deficiente (o bajo), aceptable, regular, bueno, excelente y excesivo.

Las condiciones a las que se ha hecho referencia en este procedimiento son aquellas que afectan al operario y no a la operación. Estos elementos son: temperatura, ventilación, luz y ruido. Pueden distinguirse seis clases de condiciones: ideales, excelentes, buenas, regulares, aceptables y deficientes.

La consistencia del operario debe evaluarse mientras se realiza el estudio. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican consistencia perfecta. Hay seis clases de consistencia: perfecta, excelente, buena, regular, aceptable y deficiente.

Algunas operaciones de corta duración y que tienden a estar libres de manipulaciones y colocaciones en posición de gran cuidado, darán resultados relativamente consistentes de un ciclo a otro. Hay que advertir que el factor de actuación se aplica sólo a elementos de esfuerzo, ejecutados manualmente.

El método Westinghouse ha sido modificado por muchos analistas, argumentando que la consistencia está estrechamente relacionada con la habilidad, y que las condiciones se califican casi siempre de tipo promedio o regular. Si las condiciones se apartan sustancialmente de lo normal, se podría posponer el estudio o considerar el efecto de las condiciones especiales al aplicar tolerancias o márgenes.

Las características y los atributos que se consideran en la técnica modificada son: destreza, efectividad y aplicación física. La categoría de destreza ha sido dividida en tres atributos:

1. **Habilidad exhibida en el empleo de equipo y herramientas y el ensamblaje de pieza.**

2. **Seguridad de movimientos.**

3. **Coordinación y ritmo.**

La categoría de efectividad ha sido definida como un modo de acción eficiente y ordenado. Se ha dividido en cuatro atributos:

1. **Aptitud manifiesta para reponer y tomar continuamente herramientas y piezas con automatismo y exactitud.**

2. **Aptitud manifiesta para facilitar, eliminar, combinar o acortar movimientos.**

3. **Aptitud manifiesta para usar ambas manos con igual soltura.**

4. **Aptitud manifiesta para limitar los esfuerzos al trabajo necesario.**

La categoría de aplicación física se define como el grado de actuación demostrado, y tiene dos atributos:

1. Ritmo de trabajo**2. Atención**

La calificación por elementos no es práctica si se usa alguno de los sistemas Westinghouse, excepto en el caso de elementos muy grandes. Este procedimiento de calificación es apropiado tanto para la calificación de ciclo como para la calificación global del estudio.

4.6.2 Calificación sintética

También conocido como "nivelación sintética", este procedimiento determina un factor de actuación para elementos de esfuerzo representativos del ciclo de trabajo por la comparación de los tiempos reales elementales observados con los desarrollados por medio de los datos de movimientos fundamentales.

Una de las mayores objeciones que se presentan a la aplicación de este procedimiento es el tiempo que se requiere para elaborar un diagrama de mano derecha y mano izquierda de los tiempos seleccionados para el establecimiento de los tiempos de movimientos básicos.

4.6.3 Calificación por velocidad

La clasificación por velocidad es un método de evaluación de la actuación en el que sólo se considera la rapidez de realización del trabajo (por unidad de tiempo). El observador mide la efectividad del operario y luego le asigna un porcentaje para indicar la relación o razón de la actuación observada a la actuación normal.

Al calificar por velocidad, 100% generalmente se considera como normal. Una calificación de 110% indicaría que el operario actúa a una velocidad 10% mayor a la normal, y una calificación de 90% significaría que actúa con una velocidad de 10% debajo de la normal.

4.6.4 Calificación objetiva

Este método trata de eliminar las dificultades para establecer un criterio de velocidad o rapidez normal para cada tipo de trabajo. Se establece una asignación de trabajo con la que se comparan, en cuanto a marcha se refiere, todos los demás trabajos. Los factores que influyen en el ajuste de dificultades son: 1) extensión o parte del cuerpo que se emplea, 2) pedales, 3)

bimanualidad, 4) coordinación ojo-mano, 5) requisitos sensoriales o de manipulación y 6) peso que se maneja o resistencia que hay que vencer. La suma de los valores numéricos para cada uno de los seis factores comprende el ajuste secundario.

4.7 Análisis de las calificaciones

El plan o método para calificar la actuación que sea más fácil de aplicar, más fácil de explicar y que tienda a dar los resultados más válidos, es la calificación de la velocidad o ritmo simples aumentada por los puntos de referencia sintéticos. Cuanto más cercana a la normal sea la actuación, tanto mayores serán las posibilidades de llegar a un verdadero tiempo normal. Los siguientes criterios determinarán si el analista de tiempos que utiliza la calificación por velocidad, podrá o no establecer consistentemente valores no mayores de 5% arriba o abajo de lo normal.

1. Experiencia en la clase de trabajo a estudiar

2. Puntos de referencia de carácter sintético en al menos dos de los elementos de trabajo que se ejecutan.

3. Selección de un operario del que se sabe, por experiencias anteriores, que ha desarrollado actuaciones entre 115% y 85% del normal.

4. Utilizar el valor medio de tres o más estudios independientes.

El tiempo normal de la operación debe determinarse promediando los tiempos normales de los estudios independientes.

4.8 Suplementos o tolerancias

Debe preverse un suplemento de tiempo para que el trabajador pueda ocuparse de sus necesidades personales, y quizá sea necesario añadir al tiempo básico otros suplementos por contingencias para establecer el contenido de trabajo. Las tolerancias se aplican para cubrir tres amplias áreas, que son las demoras personales, la fatiga y los retrasos inevitables.

Las tolerancias se aplican a tres categorías del estudio, que son: 1) tolerancias aplicables al tiempo total del ciclo, 2) tolerancias aplicables sólo al tiempo de empleo de la máquina y 3) tolerancias aplicables al tiempo de esfuerzo.

Los márgenes aplicables al tiempo total del ciclo generalmente se expresan como un porcentaje del tiempo ciclo, e incluyen retrasos personales, limpieza de la estación de trabajo, lubricación del equipo o máquina. Las tolerancias en los tiempos de máquina comprenden el tiempo para el cuidado de las herramientas y variaciones de la potencia. Los retrasos representativos cubiertos por tolerancias de esfuerzo son los de fatiga y ciertas demoras inevitables.

Existen dos métodos utilizados frecuentemente para el desarrollo de datos de tolerancia estándar. El primero consiste en un estudio de la producción que requiere que un observador estudie dos o quizá tres operaciones durante un largo período. Las desventajas son: a) es un método tedioso y b) existe una tendencia a tomar una muestra demasiado pequeña que pueda ocasionar resultados con sesgo o predisposición.

La segunda técnica se aplica mediante estudios de muestreo del trabajo. Los cuidados que se deben tener con este método son: a) no anticipar las observaciones, b) el estudio no debe comprender trabajos disímolos, sino que debe limitarse a operaciones semejantes en el mismo tipo general del equipo.

4.8.1 Retrasos personales

Se trata de todas aquellas interrupciones en el trabajo, necesarias para la comodidad o el bienestar del empleado. Esto comprende las visitas al sanitario y las idas a tomar agua. Algunos estudios demuestran un margen o tolerancia de 5% por retrasos personales, aproximadamente 24 minutos en 8 horas.

4.8.2 Fatiga

Generalmente este factor sólo se aplica a las partes del estudio relativas a esfuerzo. En las tolerancias por fatiga no se está en condiciones de calificar esta última, ya que la fatiga no es homogénea en ningún aspecto; va desde el cansancio puramente físico hasta la fatiga puramente psicológica, e incluye una combinación de ambas, que producen una aminoración en la voluntad para trabajar. Algunos de los factores productores de fatiga son:

1. Condiciones de trabajo

- a) luz
- b) temperatura
- c) humedad
- d) frescura del aire
- e) color del local y de sus alrededores
- f) ruido

2. Repetitividad del trabajo

- a) concentración necesaria para ejecutar la tarea
- b) monotonía de movimientos corporales semejantes
- c. posición que debe asumir el trabajador o empleado para ejecutar la operación
- d) cansancio muscular debido a la distensión de los músculos

3. Estado general de salud del trabajador, físico y mental.

- a) estatura
- b) dieta

- c) descanso
- d) estabilidad emotiva
- e) condiciones domésticas

La fatiga puede reducirse, pero no eliminarse. Por lo general, el ritmo de producción tiende a elevarse durante las primeras horas del día y luego a declinar después de la tercera hora. El método más utilizado para determinar el margen o la tolerancia por fatiga consiste en medir el decrecimiento de la producción durante el período de trabajo.

Las pruebas de fatiga se dividen en tres clases: 1) físicas, 2) químicas y 3) fisiológicas.

Las pruebas físicas comprenden diversos ensayos dinamométricos de cambios en el ritmo de trabajo. Las pruebas químicas incluyen técnicas para el análisis de la sangre y de secreciones, así como la observación de cambios que resultan de la fatiga.

Las tolerancias por fatiga debe traducirse en pausas, donde el trabajador tenga la posibilidad de tomar café, té o refrescos; es conveniente que se tome 10 -15 minutos a media mañana y a media tarde. Estas pausas resultan importantes por los siguientes motivos:

1. **Atenúan las fluctuaciones de rendimiento del trabajador a lo largo del día y contribuyen a estabilizarlo más cerca del nivel óptimo.**

2. **Rompen la monotonía de la jornada**

3. **Ofrecen a los trabajadores la posibilidad de reponerse de la fatiga y atender sus necesidades personales.**

4. **Reducen las interrupciones del trabajo**

A los elementos de esfuerzo se les aplica la categoría de retrasos inevitables, y comprenden conceptos tales como interrupciones hechas por el supervisor, despachador, analista de tiempos, irregularidades en los materiales, dificultad en la conservación de tolerancias y especificaciones y demoras por interferencia.

Por otro lado, no es costumbre proporcionar tolerancias por retrasos evitables, que incluyen visitas por razones sociales, suspensiones de trabajo indebidas e inactividad por fatiga.

4.9 Tolerancias adicionales o extras

- Tolerancia por tiempo de atención
- Tolerancia por montaje y desmontaje
- Tolerancia por aprendizaje

4.10 Tiempo estándar

El tiempo estándar de la tarea será la suma de los tiempos observados de todos los elementos que la componen, habida cuenta de la frecuencia con que se presenta cada elemento, más el suplemento por contingencias (con su añadido por descanso).

Cuando se considera que el tiempo observado corresponde a un ritmo inferior al ritmo tipo, el factor de valoración estará comprendido dentro del tiempo observado, pero los suplementos por contingencias y descanso se seguirán indicando como porcentajes del tiempo básico. El tiempo estándar se expresa en horas estándar.

5. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Antes de presentar el diseño de la solución al problema se analizará la situación que actualmente existe en el sistema. El sistema de producción se segmentará en diferentes áreas para poder abarcar la mayor cantidad de detalles. La segmentación del sistema es como sigue: el sistema de control de producción, el sistema de planeación de producción, el sistema de control de calidad, los métodos de producción de cada uno de los puntos de trabajo, el sistema de abastecimiento de materiales a las líneas, distribución del área de envasado y las condiciones de trabajo en la localidad. El orden de análisis que se seguirá es el siguiente:

1. Distribución de la área de envasado.
2. Control de producción.
3. Abastecimiento de materiales a las líneas.
4. Métodos de producción.
5. Condiciones de trabajo.

6. Control de calidad.
7. Planeación de la producción.

5.1 Distribución del área de envasado

El primer punto que se definirá es la distribución que actualmente existe en el área de envasado, basándonos en la forma de acomodo de las máquinas, espacio disponible para éstas y para los trabajadores, y áreas de almacenamiento.

Como podemos observar en la figura 5.1, las fronteras del departamento de producción son: Hacia el oeste con un pasillo de tránsito de montacargas y posterior a éste se halla el patio de carga y descarga de materiales. Hacia el este el departamento tiene frontera directa con una línea de envasado de otro tipo de productos. Hacia el sur, existe un pasillo angosto para montacargas y posterior a este una mesa de envasado de otro tipo de productos. Hacia el norte tiene frontera con un pasillo para montacargas y posterior a éste se ubica el área de producción de el aceite.

Como se podrá observar, el departamento tiene suficiente comunicación con sus alrededores, ya que materialmente está rodeado de pasillos por los cuales pueden ingresar materias primas o se puede retirar producto terminado. Esta es una gran ventaja que tiene el departamento, ya que el flujo de materiales se puede hacer de manera flexible y con gran rapidez.

Como hemos visto en capítulos anteriores, en esta área se envasan 18 diferentes productos en botellas de polietileno con capacidad de 950 ml.. Para realizar esta operación se requieren: 3 máquinas de envasado, las cuales tienen la capacidad de envasar 20 botellas por minuto (316 ml/seg), 3 tramos de transportador de envases con banda metálica y 3 metros de longitud, 3 discos recolectores de botellas hechos de acero inoxidable con 120 cm. de diámetro, los cuales se colocan al final de los transportadores y su objetivo es recibir el producto lleno y tapado por un breve periodo para esperar su empaclado; 3 bandas de presión que tienen la función de tapar las botellas una vez que se les ha sobrepuesto la tapa; se utilizan también 6 bancos para los operadores de las llenadoras y los colocadores de la tapa en la botella; hay 3 engrapadoras para cerrar las cajas de cartón corrugado por el fondo. En estas 3 líneas trabajan 9 personas, las cuales realizan funciones diferentes.

En la figura 5.1 podemos observar la ubicación de las oficinas de la Gerencia de Producción y la oficina de Control de Calidad. La zona marcada

con la letra A es la oficina de la Gerencia de Producción; aquí se encuentran dos supervisores y el Gerente de Producción. La zona marcada con la letra B es la oficina de control de calidad y aquí trabajan el jefe de control de calidad y un auxiliar que se dedica a hacer pruebas destructivas de las materias primas que ocupamos.

Para el envasado se cuenta con tres tanques de almacenamiento de aceite, los cuales tienen capacidad de 20,000 litros y están divididos en dos tanques con capacidad para 10,000 litros. Sus dimensiones son de 4 metros con 30 centímetros de largo y un diámetro de 1 metro con 50 centímetros. Las divisiones hacen dos tanques de 2.15 metros de largo y 1.5 metros de diámetro. Cada una de las líneas de producción tiene asignados uno de estos tanques para que dispongan del aceite que será envasado. Como se observa en la figura 5.1, estos tanques están numerados del 25 al 30. Los tanques 25 y 26 están asignados a la línea 4 y están unidos entre sí con tubería de 2 pulgadas de diámetro, y la bajada a la máquina llenadora es a través de una manguera flexible de 2 pulgadas de diámetro. Los tanques 27 y 28 tienen las mismas características y están asignados a la línea 5. Los tanques 29 y 30 también cuentan con la mismas características y están asignados a la línea 6. En este caso la figura sólo enmarca las líneas de producción sin llegar al detalle.

La zona que se encuentra rayada es una parte que tiene dos niveles; en el nivel inferior se realiza el llenado de botellas y en la parte superior se encuentra una área donde se almacenan los materiales de empaque y botellas, que no necesariamente corresponden a los materiales utilizados en las mesas 4, 5 y 6, a las cuales estamos haciendo referencia. En esta parte de la planta la altura de piso a techo es de 3 metros.

Cada una de las líneas de envasado tiene la misma configuración, es decir, las tres líneas cuentan con los mismos elementos, máquinas y personal para el envasado de los productos; la variación más sustancial radica en la viscosidad de los productos. De esta viscosidad depende la velocidad del flujo de aceite; debido a esto es muy frecuente que los aceites de mayor viscosidad se envasen calientes (40 °C), lo cual perjudica, como lo veremos más adelante, al trabajador y a la condición final de la botella, y esto en ocasiones es inevitable.

La configuración de las líneas se puede observar en la figura 5.2. El cuadro marcado en el número 1 simboliza la máquina llenadora de botellas; el cuadro número 2 es el transportador de botellas; el cuadro 3 es la banda de precisión para tapar las botellas, el cuadro 4 es el disco recolector de botellas, el cuadro 5 es la mesa de trabajo en donde el operador llena las cajas y las cierra; los puestos de trabajo están señalados con una elipse y un círculo

concéntrico y más adelante describiremos sus actividades y sus métodos de trabajo.

Como se puede observar la secuencia del orden de las maquinas es bastante lógico, ya que primero se llena la botella, luego se coloca la tapa, se tapa la botella con la presión de la banda, se recibe en el disco colector y porultimo manualmente se llenan las cajas y se cierran.

Las áreas de almacenamiento para las materias primas que utiliza la línea son muy restringidas; además, se utiliza bastante espacio para LOS depósitos de basura o desechos de la operación de la línea.

En la figura 5.3 se puede observar los espacios disponibles para almacenamiento. Las áreas rayadas son los espacios para desechos y materiales tales como botellas vacías, cajas, tapas, etc. Además, por la falta de un estudio de métodos, como lo veremos también más adelante, los espacios disponibles para el movimiento de materiales están totalmente cubiertos.

Las distancias entre las líneas son mínimas, por lo que los espacios para el flujo de personal son reducidos; no existe un orden en la organización de los

materiales ni de las operaciones, por lo que la distribución que actualmente se utiliza es correcta o suficiente para los métodos de trabajo.

5.2 Control de producción

El control de producción genera un efecto crítico en el éxito del sistema de producción. La planeación de las cargas de trabajo y de los proyectos son actividades que anteceden a la producción y que definen a nivel general qué se va a producir. La calidad de estas operaciones influye significativamente en la posibilidad de controlar la producción real en el departamento mediante verdaderas técnicas de programación.

Las técnicas de programación disponibles varían mucho en su capacidad para modelar con precisión los sistemas existentes. Sin embargo, actualmente no se aplica ninguna técnica real de programación o planeación; los sistemas están basados en los pedidos del cliente, situación que debería corregirse.

Es importante señalar que actualmente la producción es por lotes, los cuales son elaborados de tres en tres por el orden paralelo de las líneas de

envasado. Cada línea de producción elabora al día dos lotes que pueden ser de un mismo producto o se pueden variar entre cada lote.

La programación se da con cuatro días de anticipación, lo que hace que el sistema sea poco flexible, ya que no se puede variar este programa una vez editado. De acuerdo con los consumos mensuales actualmente la producción de cada línea tiene fija la producción de los tres productos con mayor demanda, y el resto de la producción resulta aleatorio de acuerdo con las cantidades que son requeridas por el departamento de ventas.

La comunicación entre la gerencia de producción y los empleados se reduce a un cuadro que los obreros deben consultar en la oficina de producción; en esa hoja se presenta la programación semanal aproximada escrita a mano. Una vez enterados las líneas de producción y el encargado de abastecimiento de materiales, se prepara todo para que las líneas produzcan.

La capacidad con la que se cuenta actualmente es un término difícil de calcular debido a que nunca se han realizado consideraciones reales de la capacidad de transformación que tiene el departamento. La capacidad se refiere a los resultados que se esperan de la combinación del personal y las instalaciones. Nuestra capacidad puede ser medida de acuerdo con la cantidad de botellas que se envasan por minuto, pero actualmente no

sabemos si esta capacidad es la máxima o si se tiene capacidad de sobra. Por lo tanto, el concepto de capacidad se define aquí como la producción máxima sostenible durante un periodo previamente establecido, con un determinado costo.

La producción máxima sostenible implica considerar los factores que influyen en la producción, desde el ritmo máximo absoluto de producción (por ejemplo, el total de botellas envasadas por hora), hasta todas las interferencias que dan lugar a pérdidas en ese máximo potencial.

Las tres líneas de producción tienen una cantidad fija programada para producir durante cada turno. Definitivamente su capacidad está sobrada debido a que aun sin el análisis de métodos y balanceo de líneas a cada línea le sobran aproximadamente dos horas diarias de trabajo, considerando el tiempo que se retrasa la línea para comenzar su trabajo y el que sobra después de terminada la producción; pero no se puede hacer que se elabore un lote más de producto, ya que para el envasado de cada lote se ocupan aproximadamente tres horas. El trabajo no se puede dejar para el día siguiente, ya que el aceite se enfría y esto produciría un retardo significativo en el tiempo de producción.

Otro punto importantísimo que podemos analizar del control de la producción es el estado físico de cada una de las máquinas, es decir, el

mantenimiento. La función de la administración de mantenimiento a las líneas de producción es importantísima, y debido a que no existe atención a este respecto en las líneas, el mantenimiento se reduce a ser correctivo. La falta de atención al mantenimiento nos afecta de varias formas en el control del producto: puede generarse una avalancha de productos defectuosos y de mala calidad, se pueden desperdiciar recursos de la producción tales como materiales, energía y trabajo; los costos se elevan por reparaciones imprevistas; se produce confusión en la producción y en la planeación y por lo tanto, demoras en las fechas de programación; por último, se deteriora la motivación de los empleados.

Del departamento de producción depende la debida supervisión de las líneas, ya que actualmente ocurren errores garrafales que producen inconformidad del cliente, tales como la falsa identificación de los corrugados, llenado de aceite de diferentes características a las señaladas en el envase y otras más que sin duda deberán ser corregidas para que se pueda brindar un adecuado nivel de servicio a los clientes.

Actualmente se incurre fácilmente en la necesidad de tiempos extraordinarios al horario inicial fijado por la empresa para este departamento. Esto se debe a que la falta de programación ocasiona meses con niveles de venta tan elevados que el sistema no cuenta con inventario suficiente para

respaldar la venta y se tiene que acudir a la necesidad de los tiempos extraordinarios. Esta necesidad no está justificada debido a que sin duda es el resultado de una mala programación y un deficiente control de las actividades que se realizan en el departamento. Siempre se debe considerar la cantidad de producto que se elabora sin necesidad de recurrir a recursos más costosos; es por ello que además de todo la falta de flexibilidad del sistema nos conduce a la incertidumbre de la disponibilidad de producto.

El gran problema de programar al personal consiste en adaptar en forma óptima los recursos de mano de obra disponibles a las necesidades de llenado del departamento, teniendo en cuenta las restricciones aplicables. La solución exige que se conozcan las necesidades de personal, disponibilidad y los factores determinantes asociados. Los tiempos que la empresa programa para vacaciones deben ser tomados en cuenta para el control de la producción, ya que conociendo estos periodos, en los cuales no se produce pero si se continua vendiendo, podemos prever la sobredemanda.

Otro aspecto importante de control es saber la periodicidad con la que la contraloría programa inventarios físicos generales. Estos son días en los cuales no se puede envasar, ya que el cierre de formas se conforma hasta un día antes de iniciado el inventario físico. Debido a las características de la

empresa, los inventarios se realizan en dos días, por lo que éste resulta un tiempo bastante importante que se desperdicia.

5.3 Abastecimiento de materiales a las líneas

El abastecimiento de materiales a cada una de las líneas es muy importante, ya que de su oportunidad parte la puntualidad con la que las líneas puedan entregar su trabajo. Dentro de esta sección también se hará referencia de las áreas dedicadas al almacenamiento de materiales, incluyendo el área de almacenamiento en la recepción de productos de parte del proveedor y las áreas de almacenamiento cercanas a las líneas de las cuales éstas toman los materiales que se utilizan durante el turno de trabajo. Dentro de las operaciones de abastecimiento de los materiales se debe considerar su manejo, ya que de aquí depende la versatilidad de las líneas de trabajo.

5.3.1 Manejo de materiales

El manejo de materiales es la parte del sistema que afecta a la relación física que existe entre los materiales, los productos y el

empacado. Desde el punto de vista de la ingeniería, el manejo de materiales se define como la actividad de traslado y almacenamiento de las materias que serán utilizadas durante el llenado y empacado. En su definición más amplia debemos considerar el traslado de materiales incluyendo los líquidos, botellas, cajas y cualquier otra unidad que estemos manejando.

Para el traslado de líquidos se cuenta con bombas de desplazamiento positivo que se encuentran ubicadas en el área de producción cuya localización se indica en la figura 5-4. Como se puede observar en esta figura, la distancia de los reactores de producción al tanque de almacenamiento del aceite terminado a granel más lejano es de aproximadamente 18 metros tomando en cuenta la distancia vertical que recorre el fluido; al tanque más cercano es de 12 metros.

La tubería por la cual se desplaza el aceite es de acero al carbón con 2 pulgadas de diámetro. A través de la distancia total del sistema de tubería se encuentran diferentes tipos de obstáculos que aumentan la caída de presión del sistema de bombeo. Los principales obstáculos son un tramo completamente vertical de 4 metros de altura, 5 codos unidos por rosca y 10 válvulas también con rosca con las cuales se

controla la calda del fluido a cada uno de los tanques de almacenamiento.

Para la salida del material de los tanques de almacenamiento se cuenta también con tubería de dos pulgadas de diámetro conectada a cada par de tanques de 10,000 litros de capacidad. Al final de cada tramo se encuentra colocado un tramo de manguera de hule del mismo diámetro de la tubería, de 3 metros de longitud, para que de esta manera se acople perfectamente a la máquina de llenado. En la figura 5.4 se puede observar esta configuración. El responsable del traslado de este material es el encargado del departamento de producción.

Para el manejo de los materiales de empaque existen dos personas; una de ellas cuenta con un montacargas para el traslado del producto entre las bodegas; la otra trasladada los productos con menor distancia al departamento mediante un carrito transportador.

En algunos casos es necesario bajar de la parte superior el producto almacenado. Cuando esto se realiza, los operarios arrojan las bolsas con botellas hacia el primer nivel con el riesgo de que éstas sufran raspones o abolladuras en el cuerpo. El lugar en el que se dispone este material lo analizaremos más adelante.

En la figura 5.5 se observa la distancia existente entre las bodegas de almacenamiento. Como se puede observar, en algunos casos la distancia es bastante corta, pero en otras la distancia es muy significativa, de ahí la necesidad del montacarguista.

El manejo de estos materiales se realiza después de las 15:00 horas, ya que antes, el personal mencionado es responsable de recibir las materias primas que llegan directamente del proveedor, además de que antes de esta hora los espacios se encuentran ocupados por el material que se está envasando durante el día.

5.3.2 Almacenamiento de los materiales

Las bodegas de almacenamiento no tienen una organización de su contenido, es decir, en ellas se encuentran materiales que pueden ser usados para producir el aceite, para envasarlo o para empacarlo. Los materiales que se utilizan para el llenado de productos en las líneas en cuestión se encuentran distribuidos en todas las bodegas que se observan en la figura 5.5 .

Tomando en cuenta la distribución y la localización del departamento dentro de la empresa se observa que las distancias se podrían reducir considerablemente organizando el contenido de las bodegas. Los materiales necesarios no son estibados en tarimas; cada vez que es necesario transportar material (el cual se encuentra en piso) se le debe acomodar en tarimas de plástico, las cuales son transportadas al punto más cercano de la ubicación final previa al envasado. En la mayoría de los casos la altura máxima de estiba es de hasta 4 metros de altura, por lo que es necesario tener una escalera cercana para alcanzar el producto que se encuentra a esta altura.

La ubicación del material de empaque, es decir, el área de abastecimiento de cada línea, está en la parte de abajo de los tanques de almacenamiento de aceite. Cuando por alguna circunstancia existen fugas en la tubería de aceite, la posibilidad de que las botellas o cajas resulten manchadas es alta. No existe una área específica para el abastecimiento de cajas, por lo que en la mayoría de las ocasiones estas cajas se quedan en las tarimas colocadas en cualquier lugar. La posición de las botellas obstruye a los operadores de la línea para abrir y cerrar con facilidad las válvulas de bajada del aceite a granel.

Para la ubicación del producto terminado, es decir, ya debidamente empacado, se colocan tarimas plásticas que se llenan conforme al avance del envasado de botellas; una vez acomodadas todas las cajas en las tarimas, una persona en montacargas, diferente de la del abastecimiento del material, retira las tarimas y las lleva al almacén de producto terminado.

Este almacén consta de dos bodegas; una de ellas tiene el producto en piso y de aquí se surte cada una de las rutas de entrega en el área metropolitana; la otra tiene la función de ser una bodega reguladora del inventario. El montacarguista entrega cantidades variables en cada una de ellas; la bodega reguladora no tiene espacios específicos para cada producto, a diferencia de la otra bodega que se encuentra dividida claramente por tipo de producto y cantidades específicas.

5.4 Métodos de producción

Los métodos con los que el departamento de producción realiza sus operaciones nunca han sido analizados, además de que son producto de

sugerencias y aplicaciones de los mismos operadores en el transcurso del tiempo.

Es necesario realizar un estudio de métodos y análisis de operaciones con el cual se puedan establecer las verdaderas capacidades del sistema. Un análisis de operaciones sirve para analizar todos los elementos productivos y no productivos de una operación con vistas a su mejoramiento. La ingeniería industrial tiene entre sus objetivos idear métodos para incrementar la producción por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios. El análisis de la operación es en realidad una técnica para alcanzar esta meta.

Tal vez en el departamento estudiado se ha caído en la creencia, común entre los directores y gerentes, de que sus problemas son únicos. Una de las primeras actividades será demostrar con este análisis y sus resultados que aplicando técnicas avanzadas de planeación y administración de operaciones se pueden reducir tiempos muertos, entre otras cosas.

Esta actitud también puede ser resultado de la tan repetida historia acerca de la renuencia de la gente a aceptar lo nuevo. Quienes están relacionados con el trabajo de métodos saben de la renuencia natural que todas las personas, sea cual fuere su nivel jerárquico en una organización, muestran naturalmente a los cambios. Vencer esta resistencia al cambio es uno de los obstáculos más poderosos en el camino hacia un programa de

mejoramiento. Para determinar cuánto tiempo y esfuerzo se deben dedicar a mejorar el método actual o planear un nuevo trabajo, es necesario determinar el volumen esperado, las posibilidades de que se repitan las operaciones, la duración del trabajo, la probabilidad de cambios en el diseño y el contenido de mano de obra en el trabajo.

Una vez que han sido estimados el volumen y la duración del trabajo, así como la necesidad de mano de obra, se debe proceder a reunir toda la información acerca de los detalles de envasado. Tal información abarcará todas las operaciones, las instalaciones que se usan para llenar las botellas y empacar éstas, y los tiempos de operación, todos los traslados o transportes, los medios que se emplean para éstos y las distancias que se recorren; todas las inspecciones, sus medios y los tiempos respectivos; todos los almacenamientos, sus instalaciones y el tiempo asignado.

A partir de todos estos datos se pueden utilizar herramientas de diseño de métodos importantes, ya que actualmente partiremos de una base mínima de organización de estas operaciones. La manera en que se describirá el método de producción es en base medios gráficos para el análisis como:

- 1. Diagrama de operaciones de proceso.**
- 2. Diagrama de curso de proceso.**

Debido a que actualmente no se cuenta con un análisis de métodos en esta sección no se ilustrará ninguna operación por medio de técnicas de análisis de métodos, pero sí se describirá la actuación que tienen actualmente las personas que entran en operación en este proceso.

Por cada línea de trabajo existen tres personas u operadores encargados de una actividad específica:

a) El primero toma la botella de la bolsa en la que el proveedor la envía, la coloca en la boquilla, activa la máquina llenadora y posteriormente coloca la botella en una banda transportadora.

b) El segundo toma una tapa del depósito, el cual tiene colocado en las piernas (caja de cartón) y la coloca sobre el cuello de la botella, esta operación se realiza mientras la botella se mueve a través de la banda transportadora.

c) El tercero es encargado de tomar la caja de cartón corrugado ya engrapada y etiquetada, llena la caja con botellas, cierra la caja, coloca cinta con adhesivo y pone la caja sobre la tarima en la que será transportada.

Es muy importante señalar que actualmente el tercer operador engrapa cajas al por mayor y las arroja a un lugar cercano de la mesa hasta hacer un montón de cajas al cual no se le pueda agregar ni una más; durante este periodo ya hubo una sobreacumulación de producto en el disco recolector.

Esta operación la realizan tres líneas diferentes con productos distintos o iguales; lo importante es que cada línea llena diferentes lotes aunque trabaje en el mismo producto.

Para la disposición del material actualmente se coloca en una área incomoda para el operador, el cual tiene que detener su operación para acomodar la estiba de bolsas de botellas hasta que se acaba la producción.

El segundo operador realmente tiene sobrada aproximadamente 65% de la capacidad de mano de obra, debido a que el tiempo de llenado es de una botella por cada 4 segundos, y el operador número dos tarda menos de un segundo (0.65 segundos) en colocar la tapa en el cuello de la botella.

Debido a las distancias tan largas de traslados el tiempo de abastecimiento de líneas es muy alto, por lo que los dos operadores encargados del abastecimiento con el sistema logran su objetivo materialmente justo a tiempo.

En este momento no existen operaciones de control de calidad o supervisión del departamento de producción al sistema, lo que claramente

origina que los trabajadores, debido a la holgura de la operación, cometan errores con mucha facilidad sin tomar la verdadera responsabilidad del producto que tienen en las manos.

5.5 Condiciones de trabajo

La interdependencia entre las condiciones de trabajo y la productividad es un punto que debemos reconocer como fundamental para el desempeño de las actividades. Los accidentes de trabajo tienen consecuencias físicas y económicas y pueden ser evitados con adecuadas condiciones de trabajo.

La disminución de la productividad y el aumento de las piezas defectuosas pueden ser imputables a la fatiga provocada por horarios de trabajo excesivos y malas condiciones del medio ambiente, sobre todo iluminación y ventilación. Está comprobado que el organismo humano, pese a su inmensa capacidad de adaptación, tiene un rendimiento mucho mayor cuando funciona en condiciones exteriores óptimas.

El medio ambiente peligroso por sí solo no es la única causa directa de accidentes, sino que, además, la insatisfacción de los trabajadores con las condiciones de trabajo no adaptadas a su nivel cultural puede conducir a la disminución de la calidad y la cantidad de la producción, a una rotación excesiva de la mano de obra y a un mayor ausentismo.

El método más eficaz para obtener buenos resultados en la prevención de accidentes de trabajo consiste en organizar debidamente la seguridad dentro de la empresa. Esto supone la introducción de un programa eficaz de educación y formación en materia de seguridad e higiene del trabajo y el establecimiento de los servicios necesarios de primeros auxilios y asistencia médica.

A pesar de todo las dependencias gubernamentales tales como la Secretaria del Trabajo y Previsión Social y la Secretaria de Salud, entre otras, tienen como función especial la establecer normas de trabajo para evidenciar la preocupación de la empresa en la salud de los trabajadores.

5.5.1 Prevención y protección contra los incendios

La prevención de incendios y, en ciertos casos, de explosiones, así como las correspondientes medidas de protección deberían ser sujetos de atención particular. Actualmente, para la prevención de incendios no se cuenta con red de hidrantes, cuya existencia recomienda el honorable cuerpo de bomberos, y que es muy importante para atacar un problema de raíz. Sólo existe un extinguidor en el departamento; además, la gerencia de producción permite fumar en las

áreas de trabajo a pesar de los letreros colocados en la pared con la leyenda *Prohibido Fumar*.

Actualmente no se cuenta con los teléfonos de emergencia para llamar a los bomberos. El área donde se encuentran los equipos de ataque al fuego siempre está parcialmente (70%) obstruida. No se tiene un programa de observación y mantenimiento a las máquinas ni a las líneas que conducen la energía eléctrica.

5.5.2 Local de trabajo

No nos deben preocupar los detalles técnicos relativos al emplazamiento y construcción del departamento; sin embargo, deberán conocerse y aplicarse ciertos principios básicos para alcanzar buenos resultados.

Es muy importante hacer hincapié en la necesidad de aislar las operaciones que supongan peligros o molestias graves. El nivel de trabajo está ubicado a nivel de suelo; el techo está a 2 metros con 40 centímetros de altura. Los trabajadores se encuentran en medio de las máquinas rodeados de basura generada por la misma línea durante su operación. Las paredes y los techos no están completamente

aplanados o pintados, lo que ocasiona con facilidad el desprendimiento de polvo; la transmisión del ruido entre las tres líneas es bastante alto debido al funcionamiento de los equipos.

Los pasillos para montacargas o cualquier otro tipo de transporte son angostos en su mayoría, lo que impide el doble sentido de estos equipos; cada pasillo mide tan sólo dos metros de ancho, lo que resulta realmente muy escaso.

El tablero del centro de carga de energía eléctrica obstaculiza la visibilidad de todos los trabajadores hacia la puerta de salida y movimiento de mercancía, la cual a su vez es la única entrada de luz natural al departamento.

5.5.3 Orden y limpieza

No basta la adecuada construcción del local de trabajo, de conformidad con las reglas de seguridad e higiene; es necesario, además, que el departamento se mantenga limpio y ordenado.

El orden en el caso del departamento es todo lo referente a mantener la pulcritud y estado general de conservación; con esto no

sólo se contribuirá a prevenir accidentes, sino que se constituirá igualmente un factor de productividad.

Los trabajadores, como resultado de una rutina impuesta por la gerencia de producción, al terminar sus actividades de trabajo realizan una limpieza general del área, coordinándose para distribuirse el trabajo. Sin embargo, durante el día la limpieza es bastante mala y empeora con el transcurso de la jornada de trabajo. Los trabajadores no están acostumbrados, ni existe un método de trabajo que indique que la basura que se genera de la línea sea confinada en un mismo sitio. La falta de limpieza en el área en ocasiones llega a obstaculizar con facilidad el tránsito de las personas dentro del área (figura 5-6).

Como se puede observar en la figura 5.6, las áreas que supuestamente debieran ser pasillos se ven obstruidas por varias razones: las tarimas plásticas en donde se colocan las cajas de producto terminado son colocadas justamente sobre el pasillo, lo que reduce aproximadamente 50% de la capacidad de tránsito, aunque en algunas ocasiones ocurre que se obstruye 100%, con el riesgo de que en caso de necesitarse una salida de emergencia las personas se verían imposibilitadas a salir; además, debido a una inadecuada

sistematización de las operaciones, los trabajadores engrapan cajas de cartón corrugado suficientes como para obstruir visibilidad, paso, etc. Este nos conduce a la conclusión de que el orden es bastante escaso.

5.5.4 Iluminación

Se calcula que 80 por ciento de la información requerida para ejecutar un trabajo se adquiere por la vista. La buena visibilidad del equipo, del producto y de los datos relacionados con el trabajo es, pues, un factor esencial para acelerar la producción, reducir el número de defectos, disminuir el despilfarro, así como prevenir la fatiga visual y las cefaleas de los trabajadores. La falta de visibilidad y el deslumbramiento son causas frecuentes de accidentes.

La visibilidad depende de varios factores: tamaño del objeto que se trabaja, su distancia de los ojos, persistencia de la imagen, intensidad de la luz, color de la pieza, así como contraste cromático y luminoso con el fondo.

La iluminación del área se da con tubos de luz fluorescente. Debido a que toda el área de trabajo se encuentra cubierta con techo a una altura relativamente baja, este techo no permite la adecuada entrada de luz por el techo de la construcción a través de acrílicos

transparentes. Es así como la iluminación del área es de 75% con tubos fluorescentes que definitivamente cansan la vista, ya que no están cubiertos con ningún tipo de pantalla o dispersor uniforme de luz.

Independientemente de lo anterior, además, la distribución de las lámparas en el departamento no permite la adecuada iluminación, y en algunas ocasiones los trabajadores de común acuerdo apagan las luces por el calor que generan. La distribución de las lámparas y los apagadores es según se muestra en la figura 5-7.

5.5.5 Ruido

El ruido origina problemas diversos. Obstaculiza la transmisión de las señales acústicas y puede ocasionar trastornos sensorimotores, neurovegetativos y metabólicos; de ahí que se le cite entre las causas de fatiga, irritabilidad, disminución de la productividad y accidentes de trabajo. La exposición prolongada a un ruido que supere determinados niveles estropea en forma permanente el oído y provoca sordera profesional.

La situación con respecto al ruido es poco trascendente debido a que la máxima percepción medida que se ha obtenido son 96 dB, los

cuales permiten una comunicación adecuada a una distancia de hasta 2 metros de distancia.

La única situación anormal que se encuentra es la operación de un radio con volúmenes exagerados de sonido, a los cuales ni el supervisor ni el gerente realizan comentarios. El nivel de sonido de este radio portátil llega a ser tan alto y distorsionado que obliga a la gente a gritar para poder comunicarse.

5.5.6 Condiciones climáticas

Para mantener la productividad es preciso evitar que las condiciones climáticas en el lugar de trabajo representen una carga suplementaria para el trabajador. El organismo humano tiene por función mantener constante la temperatura del sistema nervioso central y de los órganos internos. Con este fin mantiene su equilibrio térmico gracias a un intercambio continuo de calor con el medio ambiente. El grado de intercambio depende de la temperatura del aire, ventilación, humedad y calor radiante y metabolismo.

Cuando la temperatura del medio ambiente es elevada, la única forma en que el organismo puede dispersar el calor es la evaporación

del sudor. Ésta es más intensa, y por consiguiente más eficaz y refrescante cuanto más la facilite una ventilación adecuada, y lo es menos cuanto más elevada sea la humedad relativa del aire.

Las condiciones que predominan en el departamento son temperaturas que oscilan entre los 17 °C y los 24 °C, aunque en ocasiones la temperatura se eleva hasta 35 °C, lo cual hace la actividad mas incómoda por la transpiración y otros factores. Además, cuando la temperatura se eleva la tendencia es apagar la luz, lo cual genera otro problema.

La ropa de trabajo que utilizan los trabajadores es de algodón y poliéster, lo cual favorece la sudoración porque en este caso dificulta la transferencia de calor.

En lo que respecta a ventilación, el departamento se puede considerar un lugar que necesita que se aumente el flujo de aire fresco para la disminución de la temperatura y la comodidad de los trabajadores.

5.6 Control de calidad

La calidad es un factor básico de decisión del cliente para adquirir un número de productos que actualmente está en la etapa de crecimiento. La calidad es la fuerza más importante que lleva al éxito a la empresa. Tradicionalmente ha sido con calidad como la empresa se ha ganado el prestigio y distinción del cliente para la elección de sus productos.

La calidad es en esencia una forma de administrar la organización. Y la efectividad en la administración de la calidad se ha convertido en una condición necesaria para la efectividad de la administración de las áreas de producción.

En el desarrollo organizacional de cualquier departamento, la calidad juega un papel importantísimo debido a su alto nivel de compromiso. Cuando se logra establecer una buena relación calidad-producción ésta se convierte en un factor decisivo del éxito del departamento. Cuando esta relación de calidad se encuentra deteriorada por diferentes causas, como culpabilidad y otras, el departamento y la compañía se convierten en simples espectadores de un duelo que no produce más que el desprestigio de cada área.

Esto se menciona porque actualmente este duelo está en la fase culminante en que no se ha determinado quién es más culpable, si el departamento de producción por hacer productos defectuosos o el departamento de control de calidad por tener poca flexibilidad y ser demasiado

riguroso. Para evitar este tipo de confrontaciones, que como ya se mencionó, sólo lesionan la motivación y el entusiasmo del departamento, lo mejor es establecer los parámetros de control y los puntos y métodos para su evaluación.

El control de calidad lo podemos evaluar desde dos puntos de vista: a) el establecimiento de sistemas de control y parámetros de aceptación y rechazo, b) la creación de sistemas que conducen a un adecuado mantenimiento de estas operaciones.

En ambos casos las condiciones actuales son bastante pobres debido a que no existen adecuados criterios de evaluación de la producción; además, los límites permisibles de defectos no están establecidos.

Actualmente el único control que se tiene es el contenido neto de los envases, debido a que la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) lo exige. Este control está programado de acuerdo con los días de la semana, es decir, la inspección de contenido neto de parte del departamento de control de calidad se hace cada dos días. La metodología seguida corresponde a la recomendada por la Dirección General de Normalización de la SECOFI.

Esta falta de control y buena disposición ha provocado errores increíbles: colocación de producto con identificación diferente a la que marca la caja,

envasado de producto en botellas que no corresponden, exceso de goteo en las botellas, mal tapado, y aún con el control de contenido neto, envases con marcada diferencia en contenido a lo registrado en el envase.

6. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Una vez analizada y descrita la situación actual del sistema el siguiente paso es diseñar un sistema que mejore las condiciones tomando en cuenta todos los factores que lo rodean.

El diseño que a continuación se describe trata de ser de alguna manera parte fundamental del desarrollo del departamento de llenado y envasado al cual se ha dedicado este trabajo. Se describirán las mejoras a cada una de las áreas analizadas e inmediatamente, en la mayoría de los casos, se describirá cuál fue concretamente el avance después del cambio o análisis.

Siguiendo paso a paso este capítulo se podrán encontrar observaciones que pueden ser la columna vertebral del cambio, así como de otras que tan sólo ubiquen mejor al sistema de trabajo. Siempre será importante tomar en consideración las actividades que fueron analizadas anteriormente; esto nos dará la pauta para poder establecer una correcta y concreta solución al sistema.

El análisis de cada uno de los puntos fue muchas veces considerado antes de proponer la solución al diseño; debido a esto, la solución concreta del sistema se encuentra implícita en él; tan sólo el análisis de cada uno de los

componentes en que fue separado el sistema no sería de utilidad; el diseño verdadero lo compone la conjunción de actividades. En la medida en que todos los factores que a continuación se exponen sean coordinados para su adecuada presencia podrán funcionar y estandarizar las operaciones.

6.1 Diseño de distribución de la área de envasado

Como pudimos observar en el análisis de la distribución del área de envasado, el sistema es relativamente simple, pero debido a la configuración que tiene se hace realmente complejo, lo cual nos da la oportunidad de profundizar en el problema.

El punto en el cual se encuentra ubicada el área dentro de la empresa es ideal, debido a que se encuentra rodeada de pasillos, además de estar muy cerca de las áreas de producción, así como de otros departamentos que fácilmente pueden supervisar las actividades y proponer cambios en caso de haber problemas de calidad.

El caso concreto de la cercanía del área de control de calidad facilita a los operadores de control de calidad estar haciendo clara y frecuentemente sus actividades de apoyo a la línea. Esta cercanía evita la transportación del

producto a grandes distancias. Lo mismo ocurre con la oficina de la gerencia de producción, en la cual además se encuentra el supervisor de ella. Esta cercanía facilitará la comunicación y vigilancia de la línea, así como la pronta incorporación de reportes de las capacidades y el estado que guarda la línea con determinada frecuencia.

La distribución de las líneas de envasado es uno de los cambios más importantes del sistema y que por lo tanto facilitarán alcanzar el objetivo planteado.

La nueva distribución se compone de varios cambios, como lo observamos en la figura 6.1, en la cual observamos que se conectarán entre sí los 6 tanques de almacenamiento de producto a granel. Esta conexión se realizará con tubería de 3 pulgadas de diámetro con bridas, lo cual facilitará el flujo del material independientemente de su viscosidad, así como la desaparición de goteo en las conexiones que actualmente son roscadas. Esta tubería culminará con la conexión a cada una de las 3 máquinas llenadoras. Esta conexión deberá ser completamente de tubería, para evitar fugas y goteo en las conexiones.

Debido a la diferencia de la distancia entre las máquinas y el tanque 25, así como entre las máquinas y el tanque 30, se colocará una bomba de 5 h.p.

que además nos ayudará a evitar el diferencial de presión que se pudiera presentar entre la primer máquina y la última, ya que como se ilustra en la figura 6.2 la diferencia de presión podría llegar a ser determinante en la velocidad de llenado. Actualmente la velocidad de llenado inicial (tanque lleno) varía significativamente contra la velocidad final de la línea, y esto no se debe al cansancio del operador, sino a que nuestra única aliada es la gravedad, y ésta se ve disminuida en relación proporcional con la altura del nivel del fluido en el tanque. Con la conexión de esta manera el sistema nos permitirá, además, colocar un sistema filtrante al equipo, ya que por diferentes fuentes se ha observado la sedimentación de partículas en el fondo de las botellas. Actualmente esto no se puede hacer debido a que se tendría que invertir en tres filtros y tres bombas en lugar de una, lo cual definitivamente se saldría de presupuesto.

Un punto muy importante del cual se debe destacar es que además no se tendrá la limitación que existía anteriormente respecto a la viscosidad del producto, la velocidad ya no dependerá de la viscosidad sino de la habilidad del operador, la cual como veremos más adelante es inmejorable. Para evitar la contaminación en la línea se conectará aire comprimido a la tubería, el cual con la presión provocará la salida de todo el fluido restante en la tubería.

A partir del cambio de orden en las máquinas llenadoras, la configuración general del sistema cambia radicalmente. A continuación de cada máquina de llenado como se puede observar en la figura 6.1 se colocan transportadores que reunirán las botellas en un solo transportador, al cual le será colocada la banda tapadora y posteriormente un solo disco acumulador de botellas del cual serán tomadas las botellas para colocarse en sus respectivas cajas.

Respecto de las áreas de almacenamiento éstas cambian sólo en el caso de los materiales de empaque, en donde para dar mejor visibilidad al área se colocarán atrás de las maquinas de llenado; además, esto facilitará al surtidor de materiales colocarles las bolsas de botellas a los llenadores. En la figura 6.3 se observa la nueva distribución de estas áreas de almacenamiento. En cuanto a los tanques, no cambian su lugar, pues están en una excelente ubicación.

La ubicación de las tarimas en las que se colocan las cajas de producto terminado se hará con respecto al flujo de la línea.

6.2 Control de producción

Como se describió en el capítulo anterior, el sistema de producción empuja a todas las operaciones posteriores y jala a las anteriores. Debido a que no se tiene un adecuado control de la producción, ésta empuja al almacén de producto terminado a crear espacios para los productos, provocando un desorden. El sistema de jalar, o como lo llamaron los japoneses, *Kan-Bar*, puede funcionar a la perfección debido a que se tiene un inventario y lo que se haría es reponer los espacios que debido a la venta se vacían en el almacén.

El pronóstico es un punto muy importante para considerar las requisiciones de materiales que necesitará la línea por un periodo de tiempo predeterminado, pero debido a que el pronóstico por lo general es malo, la consideración de que exista una área que jale la producción beneficiará sustancialmente. A continuación se describe la lista de materiales y el espacio disponible en el almacén de producto terminado; esto ayudará para la organización, el control y la programación de la producción. El cálculo se realizó basándonos en los pronósticos de venta mensual de los próximos 6 meses:

Con las modificaciones globales del sistema la producción de cada lote se reduce considerablemente en tiempo; anteriormente el lote de producción se realizaba cada 4 horas, ahora con la modificación un lote completo estará listo en 1 hora como se comprobará mas adelante, sin embargo, se hace mención debido a que es un factor que deberemos considerar para la programación de producción. Con esto además se logra que los tanques de almacenamiento se vacíen en mucho menos tiempo, facilitando con ello las actividades de producción para el llenado de cada uno de los tanques.

Estas modificaciones nos dan la facilidad de reducir el tiempo de programación, que anteriormente era de 4 días; ahora el programa se podrá hacer con dos días de anticipación, además, se podrán hacer modificaciones al programa sin ningún problema, ya que no existirán las limitaciones en el sistema que había anteriormente.

Para mejorar la comunicación en el sistema se han planteado tres técnicas:

- 1) La primera consiste en presentar al personal el programa de producción en una forma adecuadamente requisitada, la cual será la

orden de producción que genera la gerencia. A continuación se presenta el formato de la orden de producción.

Ahora en lugar de haber 3 diferentes órdenes se colocará una sola, que será trabajada en equipo..

2) Para mantener en contacto e informado al personal se colocara un pizarrón en donde se presentará el programa tentativo para los siguientes tres días de labores.

3) Se colocará un tablero informativo de los logros de calidad, tiempos y cantidades de producción alcanzados.

Con estas 3 nuevas formas de comunicación con el personal se logrará un aceptable nivel de compromiso de parte de él; además, se podrán observar sin secretos las condiciones que guarda el sistema de envasado y empacado.

La capacidad del sistema estaba limitada a 6 tanques por turno (8 horas), es decir: un tanque cada hora con veinte minutos, lo que daba un flujo promedio de 16 litros por minuto. En un breve análisis de tiempos que se muestra más adelante el flujo de llenado de las máquinas es de 36 litros por

minuto, lo que quiere decir que el sistema estaba trabajando con 44% de eficiencia, misma que era producida por altas mermas de tiempo y traslados. A partir de los cambios se obtiene una producción de un tanque cada hora, es decir, 22 litros por minuto en promedio, lo que mejora la eficiencia del sistema hasta 60%. Ésta la podremos considerar por un tiempo nuestra capacidad máxima sostenible.

Para poder controlar la producción será necesario establecer un programa de mantenimiento completo al sistema, que incluye equipo de bombeo, engrapadoras, llenadoras, transportadores y tapadoras, así como al montacargas.

Como más adelante observaremos (apartado 6.6) que el supervisor será responsable de la calidad que produzca la línea y se encargará de revisar cada uno de los puntos planteados en el sistema de control de calidad. Con tal motivo el supervisor de producción se encargará de hacer un reporte de supervisión y actividades de la línea con todas las observaciones necesarias.

Para tener un adecuado control de la producción será necesario identificar claramente el contenido de cada uno de los tanques de

almacenamiento, con lo que se reducirá sustancialmente la probabilidad de error en el manejo de válvulas.

Con estas modificaciones se logrará aumentar en 33% la producción sin la necesidad de contratar más personal o tiempo extraordinario de trabajo. En esta solución se han considerado los factores de personal, disponibilidad y factores determinantes adicionales que están asociados con la línea. De esta manera la programación de vacaciones, tomas de inventario y otros periodos que no se laboran no interrumpirán la fluidez de la producción, debido a que ahora nuestro diseño de capacidad es sobrado.

6.3 Abastecimiento de materiales a las líneas

El sistema de abastecimiento de materiales a las líneas será uno de los factores fundamentales para la eficiencia del sistema, ya que de éste dependerá que las máquinas llenadoras no tengan tiempos muertos por falta de material o por equivocaciones en el suministro de materiales. Se propone como solución un sistema que facilitará la entrega de materiales en las líneas de llenado y en las líneas de empaclado, mediante una mejor comunicación

entre las áreas y sobre todo la documentación del proceso, ya que no se contaba con ningún documento que amparara las instrucciones de lo que se debería realizar para mantener las líneas con un adecuado abastecimiento de sus necesidades. Desde el punto de vista de la forma, relativamente no cambiará, pero con la mejora en el sistema de comunicación definitivamente se observará que el sistema será más ágil y flexible de acuerdo con las necesidades identificadas.

6.3.1 Manejo de materiales

El manejo de materiales, como ya se mencionó, se define como la actividad de traslado y almacenamiento de las materias que serán utilizadas durante el llenado y empaclado. Para el sistema de llenado se proponen como solución diversos cambios en el procedimiento de bombeo y en las tuberías.

Actualmente se utilizan bombas de desplazamiento positivo, las cuales sin duda son el mejor sistema que podemos utilizar para el bombeo; en donde necesitamos realizar algunos cambios es en la tubería.

El sistema de abastecimiento de producto lo dividiremos en dos partes, abastecimiento de tanques y abastecimiento de líneas de llenado. Para la primera parte se pretenden hacer dos cambios, como lo observamos en la figura 6.4: el sistema debe contar con dos arreglos de tuberías para poder bombear dos productos simultáneamente y tener una adecuada flexibilidad de producción. En esta forma se podrá producir para la línea de llenado de botella de 950 ml en los reactores No. 1, No. 2 o No. 3 por una parte o directamente del reactor No. 4. Además se deberá cambiar el tramo vertical de tubería, que en su parte superior tiene 1 codo de 90° y que produce un considerable pérdida de eficiencia en el bombeo; el cambio deberá consistir en poner en su parte inicial un codo de 45° y en la parte final, al llegar a los tanques, otro codo de 45° para hacer que el producto suba diagonalmente en lugar de verticalmente, lo que ofrecerá menos pérdidas, además de un ahorro en energía, ya que la bomba tomará menos amperaje.

El responsable de producción deberá colocar un letrero debajo del tanque al cual se está bombeando el producto, indicando qué producto es, con sus códigos y claves, para evitar confusiones.

Para la segunda parte, el abastecimiento de las líneas se deberá cambiar la tubería de 2 pulgadas que actualmente se encuentra en el sistema, por una de 3 pulgadas, lo que mejorará el flujo del producto; además, se deberán poner bridas en lugar de roscas con teflón, debido a que está comprobado que los accesorios para sistemas con bridas son de mejor calidad, pues se presupone que serán sometidos a condiciones más severas de uso. Con esto evitaremos la cantidad extraordinaria de fugas que se encuentran actualmente en el sistema.

El Gerente de producción deberá entregar un formato de instrucciones de abastecimiento para el llenado y el empaçado; estos formatos se ilustran a continuación y, como se observa, contienen la información necesaria para que los responsables no tengan confusiones para entregar los productos adecuados.

En el caso del abastecimiento de materiales para empaçado, como son cajas, tapones, botellas, etc., el sistema mantendrá la misma configuración actual, a excepción de que se entregará el formato ya mencionado y el cambio de distribución de los productos en las bodegas. La empresa vende 40% de sus productos en la presentación

de 950 ml, por lo cual este sistema tiene una alta prioridad. Se hace mención de esto para justificar la necesidad del cambio de distribución de producto en bodegas.

6.3.2 Almacenamiento de materiales

El sistema para almacenar el producto es en tanque de acero al carbón de $\frac{1}{4}$ de pulgada. El único problema que se identificó es que debido a que el aceite como ningún otro producto cambia su viscosidad a diferentes temperaturas después de producirse a una temperatura promedio de 40°C , si es envasado al día siguiente sufre un enfriamiento considerable, lo cual provoca que el flujo del producto se vea considerablemente reducido y esto hace que las máquinas envasadoras sean expuestas a un sobretabajo. Este fenómeno no sucede con todos los productos, sólo con los de mayor viscosidad; sin embargo, con los productos de mayor viscosidad se convierte en un problema.

Para evitar esto, en tres de los seis tanques se colocarán intercambiadores de calor para que aumentemos la viscosidad del

producto y se haga más fluido. Los tanques a los cuales se les colocarán los intercambiadores son lo más lejanos a la salida de la tubería hacia las llenadoras. La lógica es que si tienen intercambiador de calor, no importa la distancia a la que se halle, y en esta forma podemos aprovechar que los productos que están cerca de la línea sean los que no tienen intercambiador de calor.

Actualmente las botellas de 950 ml se encuentran en una gran variedad de bodegas, y en las bodegas más cercanas al sistema se encuentra casualmente la menor cantidad de botellas, además de ser éstas las de menor movimiento. El objetivo de la redistribución de bodegas es acercar y almacenar todo el producto necesario para la línea a las bodegas más cercanas, evitando de esta manera tanto transporte y manejo de material.

6.4 Métodos de producción

6.4.1 Diagrama de operaciones de proceso

Con este diagrama se muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones de las líneas de envasado, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en el proceso de empaclado, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque y arreglo final en el almacén de producto terminado.

6.4.2 Diagrama de curso de proceso

En este diagrama se incluyen muchos más detalles que el de operaciones. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez expuestos estos periodos no productivos se puede proceder a su mejoramiento.

Además de resistir las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza el producto final. En él se utilizan otros símbolos, además de los de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones. Una pequeña flecha indica transporte, un símbolo con la letra D mayúscula indica una demora o retraso. Un triángulo equilátero puesto sobre su vértice indica almacenamiento.

6.5 Condiciones de trabajo

Con parte del objetivo fundamental de hacer que las condiciones de trabajo sean las más adecuadas para los trabajadores se proponen ciertos cambios que sin lugar a dudas son necesarios para que el trabajador pueda ofrecer su mejor desempeño dentro del área. Esta es la mejor manera de encontrar un trabajo de calidad, un trabajo limpio y un trabajo adecuado a las necesidades del cliente.

De acuerdo con varios análisis practicados en el área podemos dar cuenta de algunas modificaciones que sin ser significativas sin duda ayudarán a que el trabajador se encuentre más dispuesto a ejercer sus funciones.

Las condiciones de trabajo que se proponen ofrecerán al medio ambiente calidad, lo cual provocará que los trabajadores estén cómodos y fuera de cualquier riesgo que los haga sentir inseguros y disminuir su productividad.

Entre los puntos que se analizaron no se mencionó en particular uno que se debe considerar de suma importancia: El equipo de seguridad de los operadores.

Debido a la distribución del área, como altura de estiba, altura de piso a techo y manejo de montacargas, es indispensable que todo el personal porte casco de seguridad. Actualmente todos usan uniforme de algodón y zapatos con casquillo de seguridad. El uso del casco en un principio se tornará incomodo, pero a la larga con toda certeza brindará mayor seguridad a los trabajadores.

Además del casco el operador de llenado deberá portar *goggles* de seguridad para prevenir un eventual salpicado de producto que pudiera lastimar los ojos por el contenido de aditivos en el producto. Afortunadamente hasta la fecha no se tiene registro de ningún accidente; sin embargo, los riesgos existen y se deben de evitar.

6.5.1 Prevención y protección contra los incendios

Para una adecuada prevención se deberán tomar medidas que considero significativas. La primera es prohibir estrictamente fumar dentro de la empresa, debido a que no sólo en el área puede presentar riesgo la existencia de cigarrillos encendidos. Esto además ofrecerá disciplina en el área, porque no es posible que en un lugar de trabajo se permita fumar libremente.

Se deberá formar una brigada contra incendio, según lo requiere el Manual de Seguridad de Protección Civil. así como realizar simulacros periódicos de evacuación. La periodicidad deberá ser 2 o 3 veces al año. Además, se deberá formular un manual de manejo de equipo contra incendio con sus respectivas prácticas, así como un manual de normas de seguridad en el área.

Las líneas eléctricas deberán ser monitoreadas a efecto de conocer periódicamente el amperaje que demanda la línea y de esta manera prevenir alguna posible sobrecarga y del mismo modo prevenir algún corto circuito.

6.5.2 Local de trabajo

Entre las modificaciones que se deberán hacer al lugar de trabajo, algunas de las cuales se mencionan en la sección 1 del presente capítulo, se encuentra las siguientes:

1. Se deberá cambiar la ubicación del tablero de centros de carga para mejorar la visibilidad del los trabajadores; además, esto redundará en mejor iluminación, ya que se no obstaculizará la entrada de luz natural. El tablero deberá ser colocado en la parte posterior de los envasadores, para que éstos tengan el control de la energía y en caso de ser necesario los operadores bajen *switches*, ya que ellos serían los primeros en darse cuenta de alguna anomalía.

2. Los pasillos de montacargas deberán tener un ancho mínimo de 3.5 metros, según los manuales del fabricante de equipo, para facilitar cualquier maniobra de montacargas. No se deberán obstruir por ningún concepto los pasillos de tránsito.
3. De acuerdo con el layout de la empresa el montacargas realiza dos curvas que son altamente peligrosas y que se podrían eliminar haciendo un pasillo recto que cruce la nave; actualmente se cuenta con un pasillo indirecto.
4. Establecer una política estricta respecto de la disposición de la herramienta necesaria para el área.

6.5.3 Orden y limpieza

Respecto al orden se deberá ejercer una política estricta sobre la ubicación de los equipos para la línea, así como de los utensilios diversos.

Se deberá disponer de una persona que se encargue de limpiar la línea durante la operación del día, ya que se produce basura

constantemente. Esta persona también se encargará de eliminar cualquier objeto en el suelo que pudiera producir algún accidente, por ejemplo, tapones de plástico.

Por ningún motivo se deberán tener en el área cajas armadas sin botellas, ya que esto provocaría obstrucción de pasillos y desorden.

Las medidas de la nueva distribución del área de trabajo, el local de trabajo y los nuevos métodos de producción sin lugar a dudas generarán disciplina que redundará en orden.

En la figura se puede observar que en este momento ya no se encuentra ningún artículo diferente de las máquinas y las personas en la línea de envasado. El orden de la línea lo deberán conservar en sí todos los que en ella laboren, con la adecuada supervisión de los supervisores y control de calidad.

6.5.4 Iluminación

Debido al análisis y a la teoría, necesitamos brindar al trabajador por lo menos 90% de visibilidad para la adecuada realización de actividades de trabajo. La iluminación la consideramos un factor fundamental para mejorar la visibilidad y en esta forma aumentar la productividad, principalmente para los llenadores y empaques.

Con una adecuada iluminación el departamento de control de calidad podrá llevar a cabo una mejor inspección; además, los supervisores podrán contar con mejor acceso a recursos.

El departamento deberá ser reiluminado totalmente con un sistema de lámparas de luz neón que no generan calor, a pesar de lo que actualmente piensan los trabajadores. Se deberá incrementar la cantidad de lámparas y colocar dispersores de luz acrílicos con hexágonos.

Para el diseño de la iluminación se consideraron los factores de salud y seguridad, buen desempeño del trabajador, comodidad y estética.

De acuerdo con las tablas del *Manual de Ingeniería Industrial de Salvendy*, encontramos que el manejo de materiales, envolver, empacar, etiquetar, recoger piezas y clasificar se consideran en clasificación por letras "D"; esto significa que deberemos tener 220,000 lúmenes acumulados en el área estudiada. Por tanto, tendremos que distribuir en el área un total de 13 lámparas de 215W fluorescentes de blanco frío.

Se eligieron lámparas fluorescentes de blanco frío por ser las más económicas comparadas con las de haluro metálico y sodio a alta presión. Las incandescentes no fueron tomadas en cuenta por su luz amarilla y su ineficiencia. Además, la forma de las lámparas fluorescente es la más adecuada para techos bajos como el del área estudiada en esta tesis.

6.5.5 Ruido

La medición y experiencia que se tiene en el área nos dicen que se tiene un nivel de ruido de 65 dB, cuando el máximo de normalización para una persona expuesta 8 horas continuas es de 85 dB sin requerir protección auditiva.

Se tomó la decisión de no utilizar protecciones auditivas, además de que no son necesarias, porque éstas obstruyen la adecuada comunicación entre las líneas.

La principal fuente de ruido es una reproductora de cassettes que por intentar superar la cantidad de ruido en el área para ser escuchada supera los niveles de su capacidad convirtiéndose en ruido. Este elemento deberá ser definitivamente eliminado. Aunque debemos considerar el nivel cultural del trabajador, que hace de la música ruidosa un factor casi indispensable para sentirse a gusto en su área de operaciones.

No debemos descartar la medición periódica de los niveles de ruido en el área, será necesario establecer su frecuencia.

6.5.6 Condiciones climáticas

Tanto el frío como el calor producen estrés en el metabolismo del organismo, lo cual redonda en una disminución de la eficiencia del desempeño del trabajador. Consideramos que las condiciones climáticas que actualmente se tienen son extraordinarias.

Las temporadas de calor son las que más afectan al área que estamos estudiando y debido a ello es que los trabajadores deciden apagar las luces, sin tomar en cuenta la calidad de su visión para trabajar. El uso del casco influirá también en que sientan más calor.

Debemos evitar que se presente sudoración en el cuerpo porque este es otro factor importante de estrés.

La nave deberá ser equipada con extractores de aire de tipo atmosférico, ya que éstos no consumen energía eléctrica y funcionan únicamente a base de diferencia de calor con el exterior.

Será importante mejorar la calidad de la ropa de los trabajadores para hacer que sea más fresca, ya que en ocasiones algunos de ellos se la quitan o la desabrochan totalmente. La ropa deberá ser 100% algodón, que es lo más fresco que hay en ropa de trabajo.

En caso de ser necesario en algunas temporadas del año se propone la adaptación de ventiladores para mejorar el flujo de aire, que actualmente es bastante escaso; además, en este caso será necesario abrir la dos cortinas de acceso a la bodega, para tener un excelente flujo de aire.

6.6 Control de calidad

Aun cuando es evidente que las propuestas incluidas en este capítulo mejorarán considerablemente la calidad de los productos de la empresa, no es menos cierto que deberá reforzarse la operación del área de control de calidad, pues en la actualidad las líneas de producción incurren en una serie de errores garrafales que sus operarios quieren atribuir a la falta de flexibilidad del área de control, que califica como errores problemas que no

necesariamente lo son, mientras que Control de Calidad alega que, en efecto, existe ineficiencia en producción.

Más allá de quién tenga la razón, ambas áreas deben poner su mejor esfuerzo para que, a final de cuentas, se cumpla el verdadero propósito de ambas: lograr que a las manos del cliente llegue un producto de calidad y sin defectos de elaboración, envasado o empacado.

CONCLUSIONES

Después de analizar el diseño de solución podemos tener varias conclusiones que nos llevan a creer que el presente sistema tendría éxito en su implantación. Como hemos visto las modificaciones al sistema basándonos en la Ingeniería Industrial traen en sí muchas ventajas que anteriormente no se tenían. La principal es la flexibilidad con que va a trabajar el sistema (línea de producción) una de las desventajas que teníamos anteriormente eran la falta de adaptación del sistema a las necesidades de los clientes y la falta de una capacidad real de respuesta ante solicitudes extemporáneas o simplemente falta de logística en la producción.

Una de las soluciones propuestas que arrojan mejores resultados en la línea de llenado y empaçado es colocar las maquinas de llenado en línea, esto nos brindará grandes posibilidades para crecimiento y fortalecimiento del trabajo, ya que maquinas como inyección de tinta para colocar número de lote en la botella, colocadora de foil de aluminio para evitar violación a las botellas u otras máquinas se podrían justificar ante la nueva propuesta. El sistema en

línea permitirá que este tipo de máquinas se integren al proceso para soportarlo de manera importante.

La distribución del área de llenado, su colocación dentro de la empresa, y las mejoras que se les brindarán a los obreros para que su trabajo pueda rendir más, es muy importante, ya que como lo observamos en el diseño de la solución, estas nuevas características sin duda lograrán que el sistema se desarrolle plenamente, permitiendo a los trabajadores hacer su trabajo con un máximo de rendimiento y consistencia ya que el cansancio disminuirá y no habrá tanto desgaste en ellos. Como se mencionó la distribución del área mejorará la logística general del sistema permitiendo un mejor flujo en la línea de envasado, tanto de los materiales de empaque y embalaje como de los materiales que se llenarán, ya que con un mejor diseño de la tubería se podrá presentar mejor desempeño de las llenadora y sus operadores.

La aplicación de un sistema eficiente de control de producción brindará la flexibilidad del sistema que tanto se requiere, con los nuevos tiempos de producción por lote que se reducen de 4 horas a 1 hora el sistema podrá ser eficaz. El control adecuado de producción propuesto representará mejores tiempos y optimización en los espacios de almacén ya que de ninguna manera

se tendrán excesos de producción como los que ocurrían anteriormente. La nueva forma de organizar comunicar al sistema definitivamente logrará que los operadores se comprometan en un objetivo común, que brindará mejor desempeño de los trabajadores.

Sin lugar a dudas podemos concluir que la mejora del sistema se reflejará en un aumento en la producción en aproximadamente 33% que como el claro reduce los costos de producción de la empresa ofreciendo con esto una mayor productividad en la línea.

El mejor resultado y conclusión que se puede obtener es la mayor productividad por hombre que se tendrá con el nuevo sistema.

BIBLIOGRAFÍA

H. Greene, James
"Control de la Producción"
Editorial Diana
1968

Niebel, Benjamin W.
"Ingeniería Industrial"
Editorial Alfaomega
1989

Salvendy, Gavriel
"Manual de Ingeniería Industrial"
Volúmenes I y II
Noriega Editores
Editorial Limusa
1991

Plossl, George W.
"Control de la Producción e Inventarios"
Editorial Prentice Hall
1987

Buffa, Elwood S. y Taubert, William H.
"Sistemas de Producción e Inventarios"
Noriega Editores
Editorial Limusa
1990

Siliceo Aguilar, Alfonso
"Liderazgo para la productividad en México"
Editorial Limusa
1992

Organización Internacional del Trabajo (OIT)
"Introducción al estudio del Trabajo"
Editorial Limusa
1986

Prokopendo, Joseph
"La gestión de la productividad"
Organización Internacional del Trabajo (OIT)
1989

Gitlow Howark y Gitlow Shelly
Como mejorar la calidad y la productividad con el método Deming
Editorial Norma
1994

Koenig T. Daniel
Productividad y Optimización, Ingeniería de manufactura.
Editorial Publicaciones Morombu
1978

Dreyfack, Raymond
Como incrementar la productividad y las utilidades.
Editorial Universidad de Harvard
1980

Baine, David
Productividad
Editorial Mc. Graw Hill
1993

Freigenbaum V., Armand
Control Total de la Calidad
Editorial CECSA
1982

Newton Margulies y Anthony P. Raia.
Desarrollo Organizacional Valores, proceso y tecnología
Editorial Diana
1974

Centro Nacional de Productividad
Memorias del Seminario Regional de Productividad
1982

Fogarty, Donald W., Blackstone, John H., y Hoffman, Thomas R.
Production & Inventory Management
College Division SouthWestern Publishing Co.
1991