



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial

**PLANEACIÓN TOTAL DE LAS OPERACIONES DE UNA
PLANTA DE DILUCIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN DEL
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Jorge Luis Ovando Estrada

Asesorado por el Ing. Mario Adolfo Sián Quisque

Guatemala, agosto de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANEACIÓN TOTAL DE LAS OPERACIONES DE UNA
PLANTA DE DILUCIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN DEL
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE LUIS OVANDO ESTRADA

ASESORADO POR EL INGENIERO MARIO ADOLFO SIÁN QUISQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herber René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Marta Guisela Gaitán Garavito
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Carranza
EXAMINADOR	Ing. René Aguilar Marroquín
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PLANEACIÓN TOTAL DE LAS OPERACIONES DE UNA PLANTA
DE DILUCIÓN DE PERÓXIDO DE HIDRÓGENO UBICADA EN EL
MUNICIPIO DE AMATITLÁN DEL DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de ingeniería Mecánica Industrial, noviembre de 2004.

Jorge Luis Ovando Estrada

AGRADECIMIENTO A

DIOS	Por ser mi luz y fuerza para desarrollar este trabajo de graduación y culminarlo.
MIS PADRES	Quienes siempre me animaron y tendieron la mano para poder terminar el presente trabajo de graduación.
FAMILIARES	Gracias por su apoyo y cariño sincero, en especial a mi tía Irma.
COMPAÑEROS Y AMIGOS	Por todos los momentos difíciles y alegres que compartimos en nuestra facultad, en especial a Mario, Marco Tulio y Hugo.
FACULTAD DE INGENIERÍA	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar la carrera que deseaba.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Por la inolvidable experiencia de pertenecer a esta casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA PLANTA Y SUS OPERACIONES	1
1.1 Organización de la planta	2
1.1.1 Estructura Administrativa	3
1.1.2 Misión de la empresa	5
1.1.3 Visión de la empresa	5
1.1.4 Política de Calidad	6
1.1.5 Descripción de las instalaciones	6
1.1.6 Distribución en planta	8
1.2 La planta de dilución y sus operaciones	9
1.2.1 Manejo y transporte	10
1.2.2 Descarga del producto	10
1.2.3 Proceso de dilución	11
1.2.4 Análisis de laboratorio	11
1.2.5 Proceso de llenado	12
1.2.6 Almacenamiento de producto terminado y despacho	12

1.3	El peróxido de hidrógeno	13
1.3.1	Características físicas y químicas	14
1.3.2	Propiedades físicas y químicas	14
1.3.3	Usos y aplicaciones	17
1.3.4	Riesgos y precauciones	19
2.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA	21
2.1	Análisis de la proyección y compra de materia prima	21
2.2	Análisis de la proyección y compra de insumos y material de empaque para el proceso	23
2.3	Diagnóstico de las operaciones en planta	24
2.3.1	Descarga y recepción de material prima	25
2.3.2	Recepción de insumos y material de empaque	26
2.3.3	Proceso de dilución	29
2.3.4	Proceso de llenado	31
2.3.5	Análisis de la programación de los despachos a clientes	34
2.4	Manejo de los inventarios	37
2.4.1	Análisis de los inventarios de producto al 70 % -materia prima.	37
2.4.2	Análisis de los inventarios de producto terminado -al 50%	38
2.4.3	Análisis de los Inventarios de material de empaque e insumos	39
2.5	Análisis de los costos de operación actuales	41
2.5.1	Costos de almacenaje de materia prima	41
2.5.2	Evaluación de los costos de utilización de mano de obra	43

3. PROPUESTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN	
TOTAL DE LAS OPERACIONES	45
3.1 Propuesta para la proyección a futuro de la materia prima e insumos	45
3.1.1 Modelo de promedio de movimiento ponderado	47
3.1.2 Modelo de Ajuste Exponencial	49
3.1.2.1 Determinación del valor de alfa - nivel de confiabilidad - para la determinación de la demanda	50
3.1.3 Modelo de proyección enfocada	53
3.2 Propuesta para la Planeación Total de la producción	56
3.2.1 Estrategias para la Planeación de la producción	56
3.2.1.1 Estrategia de Chaze	57
3.2.1.2 Fuerza laboral estable-horas de trabajo variables	60
3.2.1.3 Estrategia nivelada	63
3.2.2 Programa Maestro de producción	65
3.2.2.1 Análisis de las guías de tiempo	67
3.3 Propuesta para el manejo de los inventarios	68
3.3.1 Planeación de los requerimientos de los materiales	70
3.3.1.1 Plan de consumo de materiales	71
3.3.2 Modelo de cantidad fija de pedido (EOQ) en el manejo de inventario de materia prima (producto al 70%)	71
3.3.2.1 Cantidad Q óptima de pedido	73
3.3.2.2 Punto de pedido R	74
3.3.2.3 Modelo de cantidad fija de pedido con un nivel de servicio específico	74

3.3.3	Modelo de período de tiempo fijo en el manejo de inventario de producto terminado	76
3.3.4	Sistema de reposición opcional en el manejo de insumos y material de empaque	77
4.	IMPLEMENTACIÓN EN PLANTA DE LAS PROPUESTAS DEL PLAN TOTAL DE LAS OPERACIONES	79
4.1	Proyección a futuro de la materia prima e insumos	79
4.1.1	Aplicación del modelo de promedio de movimiento ponderado	82
4.1.2	Aplicación del modelo de Ajuste Exponencial	84
4.1.2.1	Determinación del valor de alfa (nivel de confiabilidad) para la determinación de la demanda	84
4.1.3	Aplicación del modelo de proyección enfocada	87
4.2	Planeación Total de la producción	96
4.2.1	Estrategias para la Planeación de la producción	98
4.2.1.1	Aplicación de la Estrategia de Chaze	101
4.2.1.1.1	Análisis de los costos de implementación	103
4.2.1.2	Aplicación del método Fuerza laboral estable - horas de trabajo variables	103
4.2.1.2.1	Análisis de los costos de implementación	106
4.2.1.3	Aplicación de la Estrategia nivelada	106
4.2.1.3.1	Análisis de los costos de implementación	110

4.2.2	Programa Maestro de producción	112
4.2.2.1	Aplicación de las guías de tiempo	113
4.3	Manejo de los inventarios de materia prima e insumos	115
4.3.1	Planeación de los requerimientos de los materiales	116
4.3.1.1	Plan de consumo de materiales	118
4.3.2	Aplicación del modelo de cantidad fija de pedido (EOQ) en el manejo de inventario de materia prima (producto al 70%)	119
4.3.2.1	Determinación de la cantidad Q óptima de pedido	119
4.3.2.2	Determinación del punto de pedido R	120
4.3.2.3	Aplicación del modelo de cantidad fija de pedido con un nivel de servicio específico	121
4.3.3	Aplicación del modelo de período de tiempo fijo en el manejo de inventario de producto terminado	124
4.3.4	Aplicación del sistema de reposición opcional en el manejo de insumos y material de empaque	126
5.	CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS PROPUESTAS	129
5.1	Procedimientos e instrucciones de trabajo para la implementación de las propuestas	129
5.1.1	Cálculo de la demanda a futuro de materia prima	129
5.1.2	Cálculo de la demanda a futuro de insumos y material de empaque	131
5.1.3	Desarrollo del Plan total de producción	134
5.1.4	Manejo de inventarios de materia prima	137
5.1.5	Manejo de inventarios de insumos y material de empaque	140

5.2	Formatos para el control de la implementación de las propuestas	142
5.2.1	Manejo y control de los inventarios de materia prima, insumos y producto terminado	143
5.2.1.1	semanales	143
5.2.1.2	mensuales de insumos	146
5.2.2	Control de tiempos para las operaciones realizadas en planta	149
5.3	Medición de los resultados obtenidos con la implementación de las propuestas	152
5.3.1	Análisis de los tiempos utilizados en las operaciones de la planta	153
5.3.2	Análisis de costos de mano de obra	154
5.3.3	Análisis de costos en el uso de insumos y material de empaque	156
5.3.4	Resultados en la disponibilidad de materia prima y producto terminado	157
	CONCLUSIONES	159
	RECOMENDACIONES	161
	BIBLIOGRAFÍA	163
	ANEXOS	165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama	4
2	Distribución en planta	9
3	Propiedades físicas y químicas del peróxido de hidrógeno	15
4	Densidad	15
5	Punto de ebullición	16
6	Punto de fusión	16
7	Calor específico	17
8	Sistema de tratamiento de agua	28
9	Guía del tiempo para el programa maestro	68
10	Modelo básico de cantidad fija de pedido	72
11	Costos anuales basados en el tamaño del pedido	73
12	Modelo de cantidad fija de pedido con un nivel de servicio	75
13	Guía de tiempo para algunos países de C.A.	114
14	Matriz de consumo de materiales	118
15	Formato de control de inventario de materia prima	145
16	Formato de control de inventario de material de empaque	148
17	Formato para control de tiempos muertos	150
18	Formato para medir eficiencia en planta	151
19	Niveles de inventario de materia prima	158
20	Niveles de inventario de producto terminado	159

TABLAS

I	Distribución de despachos por país y presentación	34
II	Ventas reales y proyección producto X, ejemplo No. 1	49
III	Ventas reales y proyección producto X, ejemplo No. 2	52
IV	Ventas en toneladas métricas de producto químico, ejemplo No. 3	54
V	Demanda y días de trabajo empresa Jan, S.A., ejemplo No. 4	57
VI	Costo de operación empresa Jan, S.A., ejemplo No. 4	58
VII	Requerimientos del plan de producción empresa Jan, S.A., ejemplo No. 4	59
VIII	Costos estrategia de Chaze, ejemplo No. 4	60
IX	Costos estrategia fuerza laboral estable – horas de trabajo variables, ejemplo No. 5	62
X	Costos estrategia nivelada, ejemplo No. 6	64
XI	Comparación de estrategias	65
XII	Ventas totales de producto años 2004 y 2005	80
XIII	Llenado total de bidones y cipax	81
XIV	Proyección de consumo para materia prima y material de empaque, modelo promedio móvil ponderado.	83
XV	Proyección de consumo para materia prima y material de empaque, modelo ajuste exponencial.	86
XVI	Proyección trimestral de materia prima, modelo proyección enfocada.	88
XVII	Proyección mensual de materia prima, modelo proyección enfocada.	89
XVIII	Proyección mensual bidones, modelo proyección enfocada.	90

XIX	Proyección mensual cipax, modelo proyección enfocada.	91
XX	Proyección de consumo para materia prima y material de empaque, modelo proyección enfocada.	92
XXI	Resultado de la aplicar los 3 modelos de proyección al cálculo de materia prima	93
XXII	Resultado de la aplicación de los 3 modelos de proyección al cálculo de bidones	94
XXIII	Resultado de la aplicación de los 3 modelos de proyección al cálculo de etiqueta	95
XXIV	Demanda de llenado y días de trabajo	97
XXV	Costos y tiempos requeridos de operación	97
XXVI	Inventarios iniciales y de seguridad	98
XXVII	Requisitos para la planeación de bidones	99
XXVIII	Requisitos para la planeación de cipax	100
XXIX	Requisitos para la planeación de isotanques	101
XXX	Aplicación de la estrategia de Chase	102
XXXI	Aplicación de la estrategia de fuerza laboral estable – horas de trabajo variable	104
XXXII	Aplicación de la estrategia nivelada a los bidones	107
XXXIII	Aplicación de la estrategia nivelada a los cipax	108
XXXIV	Aplicación de la estrategia nivelada a los isotanques	109
XXXV	Resultado final de la aplicación de la estrategia nivelada	110
XXXVI	Cuadro comparativo de los costos de las estrategias	111
XXXVII	Programa maestro de producción	113
XXXVIII	Insumos requeridos por presentación	117
XXXIX	Cuadro para el cálculo de la desviación estándar (σ)	122
XL	Valores para cálculo del tamaño mínimo de pedido (Q)	127
XLI	Valores finales del sistema de reposición opcional	128
XLII	Tiempos de las operaciones	154

GLOSARIO

Bidones	Envase de polietileno de alta densidad con capacidad de 15 galones, para manejar líquidos.
Carta de Porte	La carta de porte es la prueba de la existencia de un contrato de transporte y que la mercancía ha sido recibida por el transportista.
Cipax	Envase plástico de polietileno de alta densidad con protección ultra violeta dentro de una estructura metálica para protección del envase. Se utiliza para el transporte de productos líquidos.
Conductividad	Es la capacidad para conducir corriente eléctrica cuando contiene partículas cargadas. Estas partículas cargadas se llaman iones y provocan descomposición en el peróxido de hidrógeno.
Corrosivo	Es un químico que produce un cambio destructivo en el material sobre el que actúa. Puede destruir el tejido corporal, metales, plásticos y otros materiales al entrar en contacto con ellos.

Decapado	Eliminación por métodos abrasivos o químicos de las impurezas o pinturas que presenta una superficie.
Desmineralizador	Equipo para el tratamiento de agua que elimina los iones metálicos que contiene el agua por medio del intercambio con resinas de intercambio catiónico y aniónico.
Dilución	Proceso de adicionar agua desionizada al peróxido de hidrógeno con el objetivo de reducir su concentración en peso.
Factura de Embarque	Documento emitido por la línea naviera donde se detallan siglas y número de contenedor, peso bruto y neto de la mercancía, nombre y dirección del embarcador, puerto de embarque, nombre del consignatario y dirección.
Osmosis Inversa	Equipo para el tratamiento de agua que elimina material microbiológico y microorganismos por medio de una media filtrante denominada membrana.

Oxidante	Es cualquier material que espontáneamente libera oxígeno. Los oxidantes son extremadamente sensibles al calor y a las llamas. Reaccionan, vigorosamente, para entrar en contacto con materiales orgánicos.
Permanganato de Potasio	Es un sólido cristalino púrpura, soluble en agua, no inflamable. Es utilizado como reactivo en química orgánica, inorgánica y analítica. Se utiliza en la determinación del % en peso de una solución acuosa de peróxido de hidrógeno.
Racks	Sistemas de estanterías diseñadas para cargas grandes, dispuestas en varias configuraciones para el almacenamiento de objetos por medio de un montacargas.
Titulación	Es el proceso por el cual se determina la cantidad de analito en una solución basándose en una cantidad de un reactivo estándar que este consumo.

RESUMEN

Para lograr una operación más eficiente y una optimización de recursos en la planta de dilución, se plantearon 3 propuestas consideradas en su momento necesarias para mejorar el desempeño de la empresa. Dichas propuestas pretenden lograr, con el recurso disponible, mejores niveles de inventarios controlados por procesos estadísticos; generar proyecciones de consumo a futuro para materia prima y material de empaque que sean confiables y reales; administrar los recursos de manera que generen los resultados esperados durante su gestión. En general, se pretende reducir costos, optimizar recursos, ser más competitivos y desarrollar una cultura de calidad en la empresa.

El objeto de la empresa son los productos químicos; es la primera en Guatemala que realiza el proceso de dilución de peróxido de hidrógeno a nivel industrial. Hasta ahora, los procesos habían sido desarrollados empíricamente, debido a la alta demanda del producto, al proceso de crecimiento que se está dando en el mercado, se generan demoras en las entregas al cliente, debido a la falta de organización en el manejo de los insumos y de la materia prima, al mal aprovechamiento de tiempos y la mala asignación de tareas. Todos estos aspectos podrán ser eliminados o minimizados, con la implementación de las 3 propuestas planteadas en el Plan Total.

La proyección a futuro, por medio de modelos de series del tiempo, se realiza por medio de datos históricos. Este modelo encierra varias opciones para su cálculo, pero se determinó, después de una serie de evaluaciones, que el modelo de ajuste exponencial es el modelo más adecuado para determinar las proyecciones de materia prima y de material de empaque.

El recurso humano se planifica en base a la disponibilidad de horas por cada persona que labora en la planta. Existen tres estrategias para organizar el recurso tiempo y mano de obra de la planta, sin embargo, la más adecuada es la de fuerza laboral estable – horas de trabajo variables, que asigna el trabajo pendiente al personal de planta para realizarlo en tiempo extraordinario. En su aplicación se pueden eliminar tareas que son realizadas por personal temporal, de manera que se puedan reducir algunos costos de este tipo.

También, se presenta un modelo para el manejo adecuado de los inventarios de materia prima y material de empaque. Este modelo es el de “cantidad óptima de pedido”. En este modelo se controlan los niveles de seguridad, las cantidades de nivel de reorden y la cantidad óptima de producto al alcanzar el nivel de reorden.

Las ventajas que se tienen al implementar las propuestas, y que podrán dar resultados en el mediano plazo, 3 a 6 meses, son: la disponibilidad inmediata de producto terminado y de materia prima, el manejo adecuado de insumos, la determinación de un nivel de inventario adecuado para insumos, la estructuración y aplicación de un plan de producción adecuado y la utilización, al máximo, de la capacidad de la planta.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un Modelo de Plan Total de Producción, dirigido a las operaciones productivas de una planta de dilución de peróxido de hidrógeno ubicada en el municipio de Amatitlán Guatemala, con el fin de lograr la optimización de los recursos y mejorar la disponibilidad inmediata del producto terminado y de la materia prima a corto plazo.

Específicos

1. Describir, de forma general, la organización de la empresa, los principales procesos que se realizan en la planta de dilución y las características y propiedades del peróxido de hidrógeno.
2. Elaborar un diagnóstico y una evaluación de las condiciones operativas actuales de la planta, para determinar los puntos débiles que necesitan resolverse.
3. Desarrollar, a través de la proyección de análisis de las series de tiempo y la proyección enfocada, una propuesta que permita manejar la proyección a futuro de la demanda del producto.

4. Estudiar y proponer alternativas que permitan optimizar los recursos disponibles, reducir costos de la operación para conseguir resultados significativos, a mediano plazo, en los procesos de producción.
5. Desarrollar una propuesta de manejo adecuado de los inventarios de materia prima, insumos y producto terminado que permita mantener una disponibilidad inmediata de producto terminado, materia prima e insumos.
6. Elaborar un análisis de costo beneficio para estudiar las ventajas de la implementación de las tres propuestas analizadas en esta investigación.
7. Estudiar y proponer un sistema de seguimiento y control para las propuestas a implementar, para que los resultados puedan mantenerse en el mediano y largo plazo.

INTRODUCCIÓN

El propósito del PLAN TOTAL DE PRODUCCIÓN, de la planta de dilución de peróxido de hidrógeno, es diseñar un modelo de proyección para manejar la demanda a futuro del producto y de los insumos, además de establecer una combinación óptima de la tasa de producción y del nivel de fuerza laboral; definiendo, a la vez, una cantidad óptima de inventario del producto terminado. En general, desarrollar un Plan Total de Producción es importante en todo proceso productivo ya que permite optimizar los tiempos disponibles, aprovechar el recurso de mano de obra y elevar la eficiencia de todas las operaciones de la planta.

En el desarrollo de la presente investigación, en primer lugar, se describe la estructura de la organización de la empresa, luego, algunas características y propiedades del producto que se elabora y, posteriormente, se comentan las operaciones realizadas para diluir, envasar y distribuir el producto a nivel nacional y centroamericano.

La segunda parte es una evaluación del estado actual de las operaciones y los procesos realizados en la planta. Con estas evaluaciones se desarrollan las propuestas que se sugiere implementar para poder mejorar los aspectos deficientes de la evaluación.

Las tres propuestas que se plantearán y sus aplicaciones directas al proceso, servirán para manejar y administrar, de forma efectiva, la demanda a futuro a través de los pronósticos estadísticos; la segunda propuesta será el plan total de la producción, donde se determina la capacidad requerida de la planta para cumplir con la demanda establecida y la forma de organizar la fuerza laboral. La tercera propuesta se concentra en la administración de los inventarios, utilizando el modelo de cantidad de pedido óptimo EOQ, por sus siglas en inglés.

Para darle el seguimiento debido a las propuestas, anteriormente planteadas, se proponen procedimientos y formatos que facilitan el registro del sistema de cálculo y los resultados obtenidos. Esto permitirá mejorar la operación de la planta y observar la secuencia de los resultados de estas propuestas que, seguramente, mostrará ahorros en los costos del proceso y un eficiente aprovechamiento de los recursos, tanto humanos como materiales.

Para la realización de este trabajo, se realizó una investigación de métodos nuevos, los cuales se aplicaron a las operaciones diarias y se obtuvieron nuevos resultados, sin embargo, las limitaciones de la capacidad instalada de la planta, no permitirán, en el corto plazo, su implementación. Otra limitante es el hecho de ser una empresa de reciente entrada en el mercado, la cual ha experimentado un constante crecimiento en sus ventas.

1.- ANTECEDENTES GENERALES DE LA PLANTA Y SUS OPERACIONES

La planta a la que se referirá de aquí en adelante es un terminal de dilución; su principal proceso es la dilución de peróxido de hidrógeno, el cual es importado a una concentración de 70% en grado técnico, luego se diluye hasta una concentración de 50% por medio de la adición de agua desionizada. Posteriormente se envasa y despacha a los clientes en el área de Centroamérica. Actualmente, es el primer terminal de este tipo en Centroamérica y la principal aplicación del producto se da en la industria textil. El peróxido de hidrógeno es el único producto comercializado en esta planta.

En sus instalaciones se tienen áreas específicas para las operaciones que se realizan: área de tanques donde se almacena la materia prima, otra para el producto terminado, un área para el llenado de isotanques y descarga de producto y otra, la principal de ellas, para la dilución del producto. Existe también un área para el envasado de producto y un área para el almacenaje de producto terminado envasado.

El peróxido de hidrógeno es un producto químico altamente oxidante y corrosivo, su principal aplicación en la región de Centroamérica es el blanqueo de fibra textil y la pulpa de papel, aunque también existen otras aplicaciones en minería, industria química y de alimentos, tratamiento de agua potable y la preservación del medio ambiente desarrollada en otros países.

La planta se ubica en una Zona Franca al sur de la ciudad capital, en el municipio de Amatitlán; ésto le permite gozar de ciertos beneficios, entre ellos estar exenta del pago del impuesto al valor agregado (IVA) por un período de 10 años de acuerdo al Decreto No. 65-89 del Congreso de la República de Guatemala (Ley de Zonas Francas).

1.1 Organización de la planta

Esta planta es subsidiaria de la planta principal que se encuentra en Venezuela; se instaló en Guatemala como punto estratégico para cubrir el mercado centroamericano. Reporta directamente a Venezuela, quien a su vez reporta a casa matriz en Suecia los resultados de los demás terminales instalados en Sudamérica. La planta de Guatemala se rige por las mismas políticas y programas corporativos que establece la casa matriz en Suecia y que afectan a las empresas del grupo corporativo.

La estructura orgánica de la empresa se compone de dos áreas generales:

1.- Área Administrativa: integrada por el Gerente de Operaciones, el Coordinador Administrativo, un Coordinador de Logística y el personal de servicios.

2.- Área de producción: integrada por el Coordinador General de la planta, el Coordinador de planta, Supervisor y operadores.

1.1.1 Estructura Administrativa

Actualmente la planta está organizada de la siguiente forma:

- a) Área de administración y finanzas: El responsable es el Coordinador Administrativo y dentro de sus principales funciones está llevar la contabilidad y estados de resultados de la empresa, la facturación, los estados de cuenta de los clientes y los pagos a proveedores.

- b) Área de producción: integrada por el Coordinador General de la planta, el Coordinador de planta, un supervisor y los operadores. Dentro de las principales funciones del grupo están: la coordinación y realización de las operaciones de la planta, el mantenimiento preventivo de los equipos y de las instalaciones, la implementación de programas de seguridad, salud y ambiente, el diseño y realización de proyectos de instalación en planta y en clientes, la operación del laboratorio de calidad.

- c) Área de logística: Integrada por el Coordinador de logística que coordina y planifica la compra de insumos y materia prima para la producción, también tiene a su cargo la proyección a futuro de los consumos de los clientes y la planificación de despachos de producto a los clientes. Coordina toda la logística para la recepción de materia prima y la devolución del envase a los proveedores.

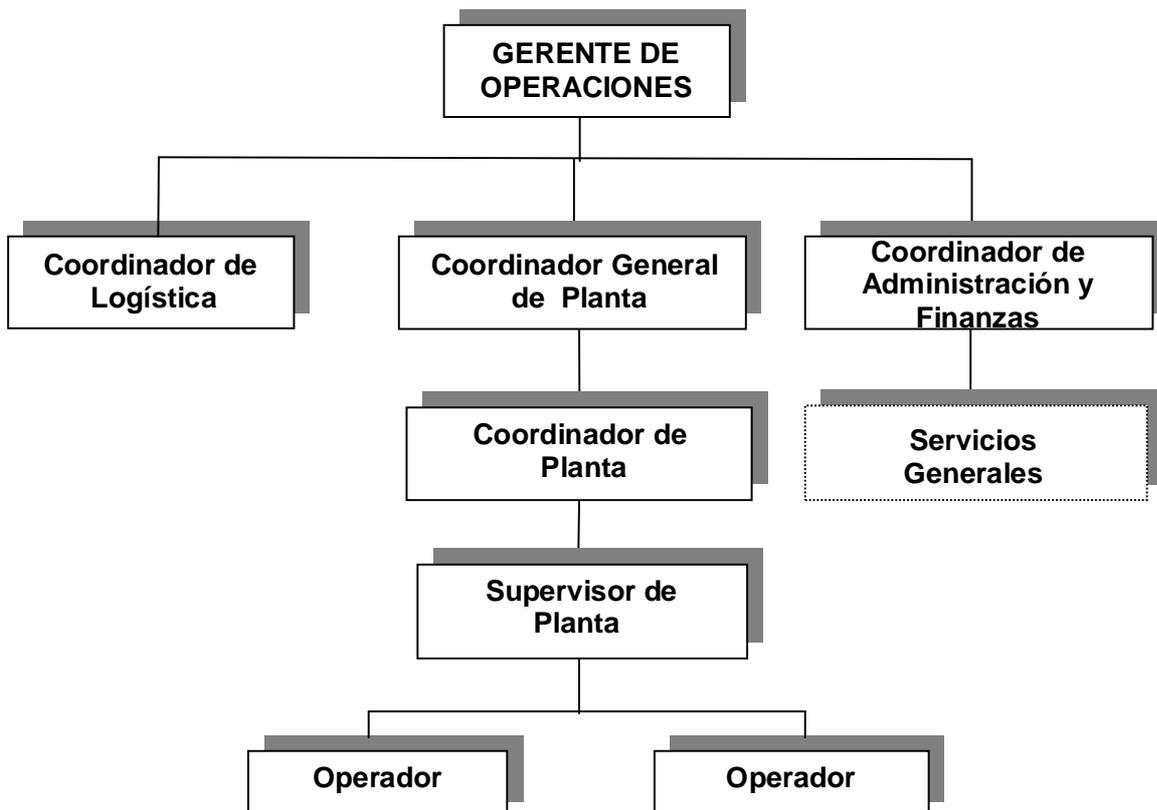
- d) Área de Ventas: representada por el Gerente de Operaciones, es quien tiene a su cargo el contacto y la comunicación directa con los clientes. Es quién fija los precios y realiza el contacto con el cliente, también verifica la satisfacción de servicio con los mismos. Es responsable de los resultados de la operación de la planta y es quien los reporta directamente a Venezuela.

El organigrama actual se encuentra representado en la figura 1, en ella aparecen los niveles de responsabilidad por puesto. De acuerdo al organigrama existen tres niveles básicos: logística, producción y finanzas.

Figura 1. Organigrama

Organigrama por puestos de trabajo

Planta de dilución peróxido de hidrógeno



1.1.2 Misión de la empresa

La principal actividad de la empresa es la dilución y comercialización de peróxido de hidrógeno a nivel centroamericano en dos mercados específicos: el sector textil y de pulpa de papel.

La empresa tiene una responsabilidad y compromiso corporativos de entregar producto de calidad a los clientes, sin afectar los costos y sin causar daños al medio ambiente, cuidando la salud de sus colaboradores y asegurando el retorno de la inversión a los accionistas. De acuerdo a lo anterior, la misión de la planta es la siguiente:

“Diluir y distribuir peróxido de hidrógeno a los sectores de pulpa y papel y textiles, con los más estrictos parámetros de calidad, apoyándonos en tecnología de vanguardia y servicio integral a nuestros clientes. Garantizamos así, a nuestros accionistas, el retorno de su inversión y el bienestar de nuestros trabajadores, en armonía con la comunidad y el medio ambiente”.

1.1.2 Visión de la empresa

La corporación pretende, siendo el primer terminal de este tipo en Centroamérica, consolidar el liderazgo en la dilución y comercialización del producto en la región centroamericana. La visión es la siguiente:

“Consolidar el liderazgo de nuestros productos en Centroamérica y optimizar la rentabilidad del negocio”.

1.1.3 Política de calidad

Una preocupación corporativa es que el producto sea un producto de alta calidad y pureza, para ello se tiene un servicio que va más allá de lo esperado por el cliente: asesorías especiales, servicio personalizado y un personal comprometido y motivado por dar lo mejor por el cliente. La política de calidad de la planta es la siguiente:

“Ser un suplidor competitivo a nivel centroamericano de Peróxido de Hidrógeno dirigido a los sectores de pulpa y papel y textiles; manteniendo clientes satisfechos con la calidad de los productos y con nuestro servicio global que incluye asesoría en la aplicación, manejo y atención efectiva y cordial. Para ello, contamos con personal altamente calificado y motivado, tecnología de vanguardia y un sistema de gestión total de la calidad confiable. Esto puede resumirse en:

Producto y servicio a satisfacción del cliente”.

1.1.4 Descripción de las Instalaciones

La planta de dilución, como ya se dijo, se ubica en una zona franca en el municipio de Amatitlán. Sus instalaciones cuentan con una nave techada de 750 m². y un área para tanques de 160 m². Dentro de la nave techada se encuentran las oficinas administrativas, una sala de reuniones y capacitación, oficinas de producción, un laboratorio de análisis y área de proceso donde se realiza la operación de llenado. También se incluye un área de almacenamiento en racks.

En el área de tanques, se cuenta con dos tanques de almacenamiento de producto al 70%, con capacidad de 80 m³ cada uno y otros dos tanques de 80m³ y de 40 m³, exclusivos para preparar diluciones de producto al 50%. En este sector se cuenta con un área para descarga de isotanques con materia prima y para carga de isotanques con producto terminado.

Dentro de los equipos utilizados para el proceso, se cuenta con una planta de tratamiento de agua, en la que se produce el agua desionizada, indispensable para la dilución del peróxido de hidrógeno. La planta de tratamiento de agua está compuesta por un pre-tratamiento formado por un filtro de arena para retener suciedad, un filtro de carbón activado que retiene los olores que pudiera llevar el agua, un suavizador para eliminar la dureza del agua. Posteriormente, se tiene un equipo de ósmosis inversa que elimina los organismos microbiológicos. Existe también al final del sistema un equipo desmineralizador que elimina los iones metálicos del agua y que afectan la concentración del peróxido.

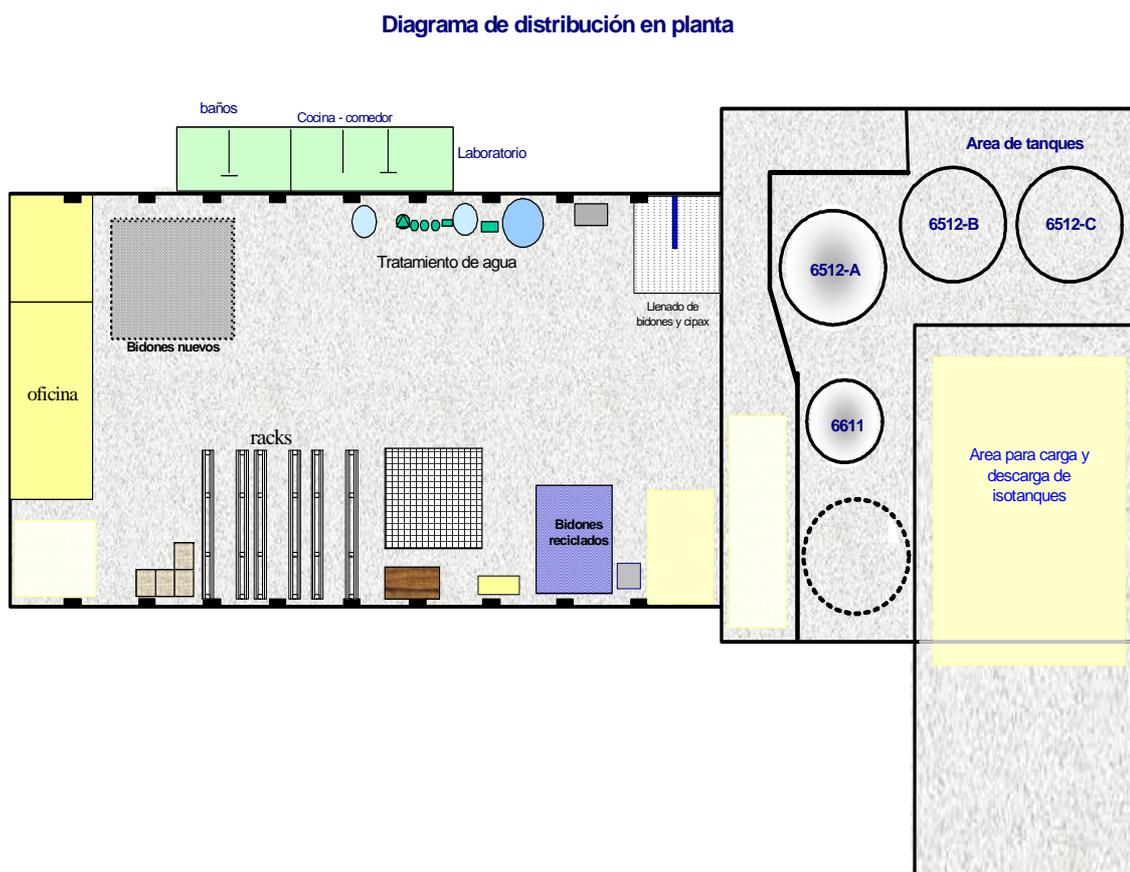
Se cuenta con otros equipos que son necesarios para la operación de la planta, entre ellos: un compresor de aire libre de aceite con el cual se realizan las descargas de peróxido directamente desde los isotanques y la agitación del producto durante el proceso de dilución. Existe también una estación de llenado con un sistema de medición de flujo, que es uno de los componentes más recientes instalados en planta y que se utiliza para el llenado de producto en presentaciones más pequeñas.

Adicionalmente, se ha pensado en la seguridad de las operaciones y se cuenta con un dique contra derrames capaz de contener hasta 110 m³ de producto en el momento que se produzca un derrame de producto en el área de tanques, un sistema de detección de incendios y un sistema de alarma contra robo.

1.1.5 Distribución en planta

La distribución en planta (ver Figura 2) es una distribución por proceso, esto debido al tipo de producto que se maneja y al tipo de proceso que requiere este producto: una producción continua. Las estaciones de trabajo son fijas y no existe ninguna operación que se realice en movimiento, es decir no hay bandas transportadoras o de otro tipo similar. La estación de llenado, la operación de dilución, son ejemplo de las áreas donde existe una operación productiva y que se realiza en el mismo lugar hasta que se completa, no existe transporte o movimiento hasta que es completada. El trasiego que se realiza con el producto es por lo general por medio de bombas centrífugas o neumáticas de diafragma a través de tubería o de mangueras de grado sanitario. El transporte del producto terminado se realiza con un montacargas y es únicamente del área de llenado hacia el área de almacenamiento y luego hacia el área de carga.

Figura 2. Distribución en planta



1.2 La planta de dilución y sus operaciones

La planta no fabrica peróxido de hidrógeno, este producto es importado de sus proveedores en Estados Unidos y en Venezuela. Las operaciones básicas realizadas en planta son: manejo y transporte de producto, descarga de producto, dilución, análisis de laboratorio, envasado y almacenaje.

1.2.1 Manejo y transporte

El manejo y transporte del peróxido de hidrógeno se realiza desde los proveedores por medio de tanques cilíndricos horizontales, denominados isotanques, construidos en material de acero inoxidable 316L y diseñados especialmente para el traslado de peróxido de hidrógeno en solución acuosa. El peróxido de hidrógeno, en concentración de 70%, es transportado en isotanques y únicamente puede realizarse por vía terrestre o marítima. El transporte de peróxido de hidrógeno, al 70%, en otro tipo de envase que no sea isotanque está prohibido. No está permitido el uso de tanques de otros productos para el transporte de peróxido de hidrógeno. El isotanque es montado en un chasis especial para contenedores y se sujeta por medio de un sistema de sujetadores para contenedores y es halado por un camión. El transporte de este producto está regulado por normas internacionales que piden identificar, por medio de etiquetas, su contenido, tipo de riesgo y concentración. Los isotanques utilizados tienen capacidades que van desde los 17,500 hasta los 24,000 litros.

1.2.2 Descarga de producto

El producto de los isotanques es descargado por medio de aire a presión, a no más de 3.5 bar de presión, estando el isotanque cerrado completamente. El aire es introducido al interior del isotanque a través de una conexión de manguera para aire, el isotanque se presuriza y el producto sale por el tubo de descarga que llega casi al fondo del isotanque. El producto se descarga directamente al tanque de almacenamiento o de dilución a través de una manguera grado sanitario. En este proceso, el producto es desplazado por el aire hasta que sale la totalidad del producto y empieza a fluir aire a través de la conexión y de la manguera. El aire que se utiliza para la descarga es un aire libre de aceite para que no contamine el producto.

1.2.3 Proceso de dilución

Es el principal proceso de la planta. En este proceso el producto es trasladado o descargado en el tanque donde se va a diluir, posteriormente se le agrega el agua desionizada necesaria para rebajar la concentración del 70% al 50%. El proceso se complementa con la agitación de la mezcla por medio de aire libre de aceite. Según sea el volumen diluido, así será la cantidad de tiempo de agitación necesaria para lograr una mezcla homogénea de producto al 50% en peso. Posteriormente a la agitación, se toma una muestra que se analiza en el laboratorio. De acuerdo al resultado del laboratorio, puede ser necesario que se agregue más agua desionizada o más peróxido para llegar al % en peso requerido, luego se vuelve a agitar el producto dentro del tanque, para luego tomar una nueva muestra que se lleva a analizar para determinar el resultado final.

1.2.4 Análisis de laboratorio

La muestra tomada después del proceso de dilución, es analizada por medio de un proceso de titulación con permanganato de potasio, en el cual se determina el % en peso del producto diluido dentro del tanque. La cantidad de la muestra que se toma puede ser de 250 ml a 500 ml. Para determinar el % en peso de la muestra a analizar, se toma una pequeña muestra de 0.3 gr. a 0.4 gr. que se mezcla con una solución de agua desionizada y ácido sulfúrico a una concentración 2.5 Molar. Esta mezcla se titula con una solución de permanganato de potasio en concentración de 0.05 Molar. El resultado final de la titulación lo da un color rosado suave de la mezcla que se está titulando. El valor del % en peso se encuentra aplicando una fórmula que considera la cantidad de permanganato utilizado en la titulación, el peso de la muestra de peróxido y otras constantes consideradas.

Dependiendo del resultado del análisis, se determinará la cantidad de agua a agregar si el resultado fue muy alto al esperado o se determinará la cantidad de peróxido a agregar si el resultado del análisis da por debajo del valor estándar esperado.

1.2.5 Proceso de llenado

La planta cuenta con dos estaciones de llenado, una de ellas para llenar envases de 62 kilos, denominados garrafas o bidones, y envases de 960 kilos llamados cipax y otra estación más para llenar isotanques de 20,000 kilos. En la estación donde se llenan los bidones y los cipax, se cuenta con un medidor de flujo y controlador de batch en el cual se programa el peso a llenar y automáticamente por medio de dos válvulas operadas por actuadores neumáticos que abren y cierran las válvulas de llenado cuando se inicia y se completa el proceso de llenado del envase. Para comprobar el peso de estos envases se tiene una báscula que pesa en el mismo momento del llenado.

La estación de llenado de isotanques cuenta con una tubería de 3" que descarga directamente al isotanque y el producto es transportado por medio de una bomba centrífuga. La medición de la cantidad de producto llenado se realiza por diferencia de nivel en el tanque y con la densidad del producto.

1.2.6 Proceso de almacenamiento y despacho

El producto llenado en envases de bidones y cipax son almacenados en un área de almacenamiento dispuesta con racks tipo drive inn, con capacidad de 144 posiciones que se pueden distribuir en 25% para cipax (36 unidades) y el 75% restante (108 unidades) para el almacenamiento de bidones.

Debido a que el tiempo de preparación de los bidones es muy largo, se le asigna un mayor espacio de almacenamiento. Los bidones son colocados en una paleta de material plástico con 9 unidades por paleta. Los cipax son envases individuales y una posición corresponde a un cipax, mientras que cada posición del rack corresponde a una paleta de 9 bidones de 62 kilos cada uno.

1.3 El peróxido de hidrógeno

El peróxido de hidrógeno es un producto químico fácil de manejar a bajas concentraciones. Sin embargo, en concentraciones arriba de 35% en peso, es necesario tomar en consideración ciertas recomendaciones de seguridad para su manejo y evitar accidentes o daños. Aunque el peróxido no es combustible, puede generar descomposición en contacto con materia orgánica, produciendo calor y oxígeno para iniciar fuego. En su manejo debe utilizarse equipo de protección personal adecuado: monogafas, guantes apropiados, gabachas y zapatos resistentes al producto; debido a sus propiedades resulta ser irritante para la piel, mucosas y peligroso para los ojos.

La descomposición del producto puede ser lenta ó rápida, cuando se produce una descomposición acelerada se produce calor y liberación de altas cantidades de oxígeno. En su estado normal, libera oxígeno, para liberar este oxígeno, los tanques de almacenamiento tienen una ventilación permanente. Los demás envases (cipax y bidones), deben estar dotados de una válvula de liberación de presión.

1.3.1 Características físicas y químicas

El nombre común del peróxido de hidrógeno es el de agua oxigenada. Es un líquido incoloro y claro. Es usado en forma de solución acuosa y puede ser mezclado con agua en todas sus proporciones. Es inodoro a bajas concentraciones y a altas concentraciones tiene un ligero olor irritante. No es combustible, pero es muy reactivo y es capaz de iniciar incendios con materiales combustibles como cuero, papel y madera y generar explosiones una vez se inicia un incendio. El peróxido es un producto de baja toxicidad y es fácil de manipular. Los subproductos que resultan de su descomposición son agua y oxígeno y son completamente inofensivos al ambiente. Estas ventajas lo han hecho un producto con una utilización más alta en las aplicaciones industriales para evitar daños al medio ambiente.

1.3.2 Propiedades físicas y químicas

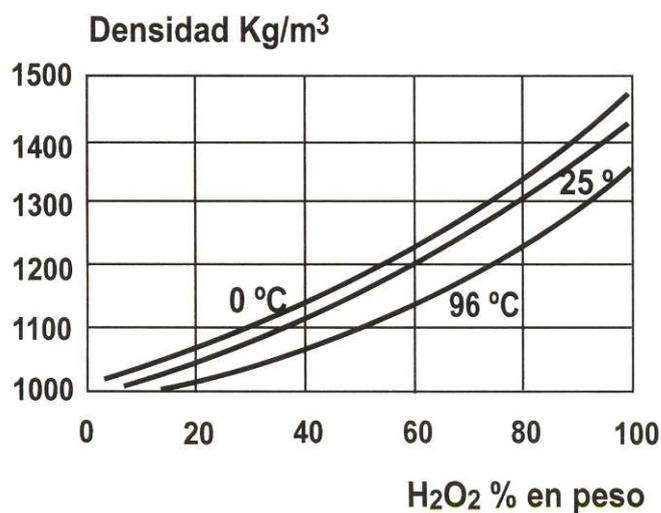
En la Figura 3 se presentan las propiedades físicas y químicas del peróxido de hidrógeno a distintas concentraciones en peso. En las figuras 4 a la 7 se muestra de forma gráfica el comportamiento de las principales propiedades del peróxido de hidrógeno bajo determinadas condiciones.

Figura 3. Propiedades físicas y químicas del peróxido de hidrógeno

% peso	Densidad 20° C Kg./m ³	Punto de ebullición °C	Punto de fusión °C	Viscosidad 20° C	
				Ns/m ²	CP
0 (agua)	1000	100	0	0.001002	1.002
35	1132	108	-33	0.00111	1.11
50	1196	114	-52	0.00117	1.17
60	1240-1243				
70	1288	126	-37	0.00124	1.24

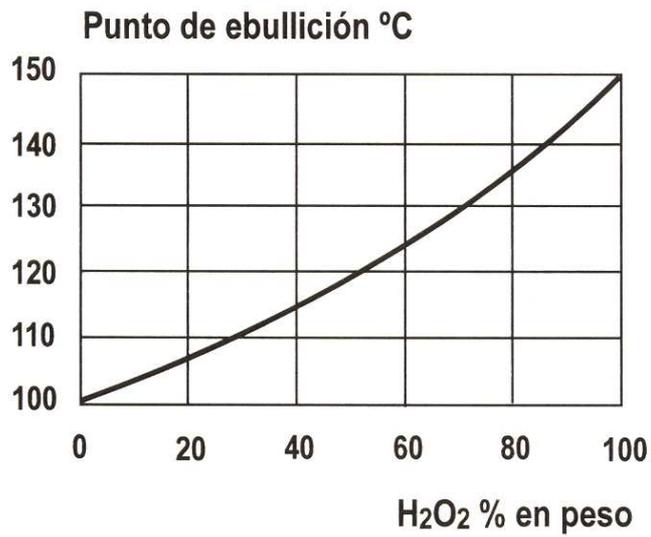
Fuente: Eka Chemicals de Venezuela. **Manual del usuario.** Pág. 20

Figura 4. Densidad



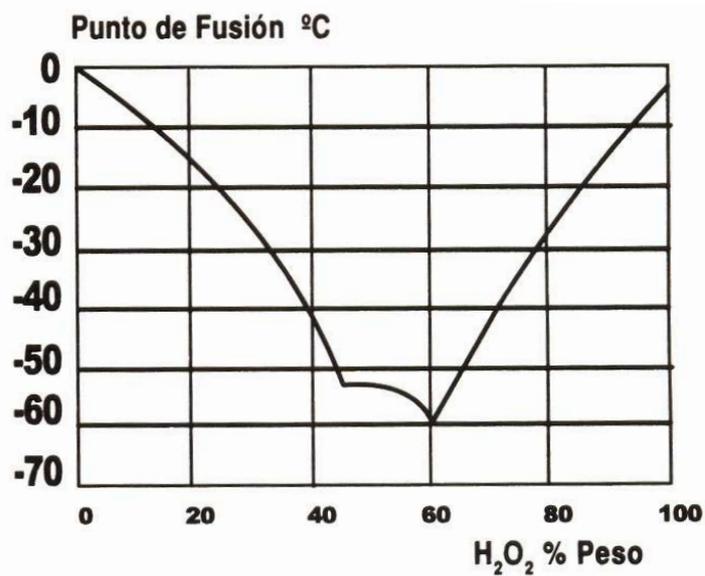
Fuente: Eka Chemicals de Venezuela. **Manual del usuario.** Pág. 17

Figura 5. Punto de ebullición



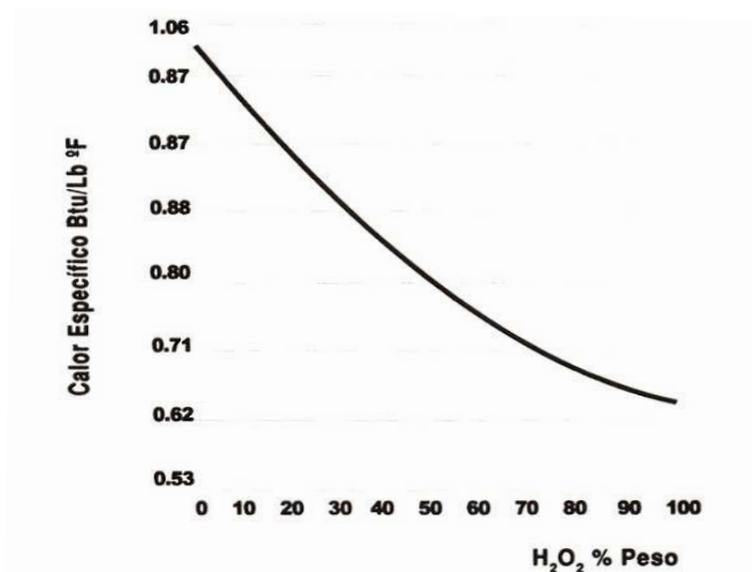
Fuente: Eka Chemicals de Venezuela. **Manual del usuario.** Pág. 17

Figura 6. Punto de fusión



Fuente: Eka Chemicals de Venezuela. **Manual del usuario.** Pág. 18

Figura 7. Calor específico



Fuente: Eka Chemicals de Venezuela. **Manual del usuario.** Pág. 18

1.3.3 Usos y aplicaciones

Las propiedades oxidantes y corrosivas del peróxido de hidrógeno, su baja toxicidad y los subproductos de su descomposición, agua y oxígeno, que son inocuos para el medio ambiente, hacen que su uso se amplíe dentro de las siguientes industrias:

- **Industria de pulpa y papel.** El peróxido de hidrógeno es usado en la industria de pulpa y papel como agente blanqueador de los diferentes tipos de pulpas. En el proceso químico termomecánico, el uso del peróxido de hidrógeno permite tener una pulpa de alto rendimiento, alta blancura y con excelentes propiedades. Otra aplicación es el proceso de destintado de papel en su reciclaje para la elaboración de pulpa.

- **Industria textil.** Es usado en el blanqueo de la fibra de algodón y lana, tanto en la manufactura como en los acabados. Su alta efectividad y suave efecto sobre la fibra lo hacen insustituible en esta industria.
- **Industria metalmecánica.** El peróxido de hidrógeno es un fuerte apoyo en la industria de tratamiento de superficies metálicas. Es usado para el decapado, pulimento y limpieza del metal, además sirve para la eliminación de gases de óxido nitroso que resultan de la combinación de ácido nítrico en la operación de decapado.
- **Industria Química.** Su aplicación a nivel comercial se ha dirigido a la producción de peroxigenados, tanto orgánicos como inorgánicos, óxidos de aminas grasas y plastificantes epóxicos mayoritariamente basados en aceites de soya. Otros productos fabricados son el perborato y percarbonato de sodio que son usados en la formulación de blanqueadores en sustitución de los productos a base de cloro que son muy agresivos a las fibras textiles reduciendo su vida útil.
- **Agroindustria.** Se utiliza en la industria del azúcar en el proceso de producción, blanqueo y desinfección de molinos. Sus propiedades desinfectantes son aplicadas en la cría industrial de salmón, trucha y otros peces, particularmente en su desparasitación.
- **Industria alimenticia.** Es útil en el procesamiento de alimentos para la desinfección de empaques y de maquinaria, gracias a sus propiedades bactericidas.

- **Tratamiento de aguas potables.** Es utilizado en la potabilización de aguas, provocando la oxidación de materia orgánica proveniente de los reservorios y la presente en el agua cruda. Su utilización como desinfectante evita la formación de clorocompuestos resultantes del uso del gas cloro como biocida.
- **Preservación del medio ambiente.** Por su efectividad e inocuidad de sus subproductos, el peróxido se ha convertido en un producto ideal para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, ya que permite la remoción de compuestos tales como sulfuro de hidrógeno, cianuros, fenoles y otros.
- **Industria Minera.** Es utilizado en la lixiviación con cianuro para la producción de oro. En la reacción, el oxígeno, aportado por el peróxido, neutraliza elementos tales como Fe, Cu, etc., presentes en el mineral aurífero y que consumen parte del cianuro utilizado en el proceso.

1.3.4 Riesgos y precauciones

Aún cuando el peróxido es de bajo riesgo, las personas que lo manipulen deben conocer estos riesgos y saber como manejarlos. Existen ciertos pasos fundamentales que deben tenerse en cuenta en casos de emergencia:

1.- Mantener el peróxido de hidrógeno en su contenedor original tanto como sea posible. Todos los envases deben ser almacenados en posición vertical para prevenir que el líquido bloquee la válvula de ventilación instalada en el tope del envase.

2.- El peróxido de hidrógeno nunca debe ser retornado a su envase o recipiente original una vez que ha salido de él. Es importante disponer del producto no utilizado de acuerdo a las regulaciones del país.

3.- Asegurarse que se mantiene una limpieza extrema de los equipos de manipulación y los aparatos utilizados para el peróxido de hidrógeno, los mismos deben estar destinados únicamente para ser usados con peróxido de hidrógeno.

4.- Usar el equipo de protección requerido para el manejo del producto.

2.- DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

Actualmente muchas de las operaciones que se realizan en planta como logística, compra de insumos, compra de materia prima y planificación de producción no tienen una base sólida en la operación de la planta. Las operaciones se han estado realizando de forma empírica y eso ha producido deficiencias en la operación. Esto se ha debido a mala planificación, falta de procedimientos de operación, mal manejo y control de los insumos requeridos en planta. Además no existe una planificación que permite prever ciertas circunstancias externas que afectan sobre todo la disponibilidad de materia prima e insumos que son de importación.

2.1 Análisis de la proyección y compra de materia prima

La materia prima utilizada en planta es el peróxido de hidrógeno al 70% de concentración en peso y de grado técnico. Este producto se importa desde la planta de New Orleans en Estados Unidos y/o de la planta del Estado de Aragua, Venezuela; el tiempo de tránsito varía entre 10 a 21 días aproximadamente y se distribuyen de la siguiente forma:

- Trasladar el isotanque de la bodega del proveedor a la planta de llenado
- Llenar el isotanque y trasladarlo de la planta al puerto de salida
- Tránsito marítimo hacia el puerto destino en el atlántico de Guatemala
- Trasladar el producto del puerto de destino a la planta de dilución.

Para la planeación de la compra de materia prima no se utiliza ningún método estadístico, ni se considera de forma estadística el historial de consumos de la planta. La compra se realiza de acuerdo con consumos trimestrales proyectados de los clientes y tomando como referencia los consumos del mes anterior. Actualmente la compra del peróxido de hidrógeno se realiza a través de una orden de compra abierta la que define la cantidad de toneladas a comprar durante todo un trimestre y en la que se especifican las fechas de entrega, por lo regular se especifican fechas estimadas de despacho (ETD). Cuando es necesario, las fechas de despacho son modificadas de acuerdo a la demanda de los clientes y al nivel de inventario existente en planta.

No existen procedimientos que establezcan la forma en que se deben realizar los pedidos de materia prima y cómo calcular los pronósticos de la demanda de los clientes a futuro. No se utiliza ningún método estadístico para proyectar la compra de materia prima, ni para el control y manejo de los inventarios en planta. Tampoco se tiene en funcionamiento algún programa o sistema de computación que maneje automáticamente la generación de órdenes de compra de acuerdo al movimiento de los inventarios.

Dentro de los problemas generados por la falta de una organización y planificación adecuada está el hecho de que no existe una visión de la demanda futura ni de su impacto en la producción. Además existen demasiados cambios en la producción debido a la falta de acuerdos entre el servicio al cliente, logística y manufactura sobre qué productos manufacturar, cuándo y dónde se requieren.

2.2 Análisis de la proyección y compra de insumos y material de empaque para el proceso.

Los insumos utilizados en los procesos de la planta son:

- **Agua desionizada**, esta es producida internamente en la planta por medio de un equipo de pre-tratamiento de agua, un equipo de osmosis inversa y un equipo desmineralizador. El agua cruda es suministrada por la Zona Franca. El principal cuello de botella en el proceso de tratamiento del agua se encuentra en la osmosis inversa. El flujo máximo de este equipo es de 3.75 GPM y muchas veces por la demanda de producto y/o la mala planificación se pierde tiempo en la dilución por la falta de este producto.
- **Etiquetas de identificación del producto**, son elaboradas localmente y los tiempos de entrega son de aproximadamente de 15 días. Las etiquetas son utilizadas para identificar el producto que se despachan en bidones y cipax. La compra de estas etiquetas se realiza de acuerdo al nivel de inventario que se verifica semanalmente, no requiere autorización de Venezuela.
- **Las tapas para los bidones**, son fabricadas en Colombia y en Alemania. El proveedor de Colombia requiere de una planificación anticipada para preparar el pedido. A veces por las emergencias que se generan debido a la mala planificación en planta, estas tapas llegan sin armar lo que hace que se incurra en otros gastos para el ensamble de las mismas. Algunas veces por problemas del proveedor las tapas son enviadas sin armar. Además, la calidad de las tapas enviadas desde Colombia ha dado ciertos problemas por defectos de fabricación y mala calidad.

El proveedor de Alemania es mucho más confiable, sus tapas siempre llegan ensambladas, no han existido reclamos y no se han encontrado defectos en las mismas. Los tiempos de despacho son muy similares, la calidad es muy diferente y los costos igual de diferentes siendo más cara la tapa de Alemania por su calidad. La tapa de Colombia ha generado inconvenientes en los que los costos incurridos por los mismos alcanzan el nivel de precio de las tapas de Alemania. La compra de las tapas si requiere de una autorización de Venezuela.

- **Envase de polietileno (bidón)**, este insumo se obtiene localmente, requiere de una orden de compra y programación anticipada para que el proveedor programe su fabricación si no tuviera existencia en inventario. Al igual que las tapas, el bidón debe cumplir ciertas especificaciones que se han desarrollado conjuntamente con el proveedor. La programación de compras se realiza de acuerdo al nivel de inventario que se tenga. Su compra requiere autorización por parte de Venezuela.

En conclusión, no se tiene un sistema que maneje de manera óptima los inventarios de insumos, materia prima y material de empaque, lo que puede producir el riesgo que la planta se quede sin alguno de los insumos requeridos y pueda demorar el despacho hacia los clientes por el paro de la producción.

2.3 Diagnóstico de las operaciones en planta

Algunas veces las operaciones en planta se han visto afectadas por la falta de producto, de insumos o de algún servicio. También se observa que no existe organización en la planificación de las tareas que se realizan en la planta.

2.3.1 Descarga y recepción de materia prima.

Esta tarea consiste en recibir el isotanque donde viene la materia prima (peróxido de hidrógeno al 70%) y descargarla hacia los tanques de almacenamiento o de dilución. Eventualmente se verifican las condiciones de calidad del peróxido que se recibe, la mayoría de las veces se descarga sin previo análisis de calidad, directamente a los tanques. La descarga se puede realizar de dos formas:

- 1.- presurización del isotanque por medio de aire y
- 2.- por medio de una bomba neumática.

En la planta la forma más utilizada para descargar los isotanques es la primera, porque es más rápida. Para realizar la descarga con aire se deben seguir los siguientes pasos:

- a. Ubicar el isotanque con el producto a descargar en el área de descarga.
- b. Extraer una muestra del producto a descargar para que analizarla y comparar con los resultados del certificado de calidad del proveedor.
- c. Realizar las conexiones de las mangueras para descargar el producto del isotanque. La manguera de descarga de 2" se conecta del tanque receptor a la salida del isotanque ubicada en la parte trasera. Se conecta la manguera para aire de 1" a la entrada de aire en la parte superior del isotanque, la presión se regula a 3 bares de presión.
- d. Se pone en operación el compresor.
- e. Abrir la línea de aire para dejar ingresar el aire al isotanque de manera que se empiece a presurizar.
- f. Después de 15 segundos, abrir la válvula de salida del isotanque para que el producto fluya por la manguera hacia el tanque receptor.
- g. El tiempo aproximado para la descarga es de 30 minutos.

- h. Al terminar la descarga se desconectan las mangueras, el aire residual dentro del isotanque se libera hacia la atmósfera por la misma entrada de aire.
- i. Llenar el formato de inspección del isotanque para verificar que todos los dispositivos del isotanque regresan en buenas condiciones hacia el proveedor del producto.
- j. Llena otro formato de descarga de producto para dejar registro de que el producto fue descargado en planta.

2.3.2 Recepción de insumos y material de empaque

El material de empaque lleva ciertos procedimientos para su adquisición de acuerdo al proveedor del mismo. El procedimiento para cada material de empaque es el siguiente:

a.- Bidón de 15 galones: Para su recepción no se realiza inspección de las especificaciones técnicas, únicamente se realiza el conteo de las unidades compradas y se almacena en el área respectiva. Para este material no se tienen proveedores alternativos. Una de las razones de no realizar compras voluminosas se debe a la falta de espacio disponible en la planta.

b.- Tapas para bidones: El procedimiento después de la compra es el mismo que con otros insumos y material de empaque, únicamente se produce una recepción física sin confirmar o comparar las características técnicas requeridas para el producto. La compra siempre se realiza por una cantidad determinada y para cierto período de tiempo que va de 4 a 6 meses y con una orden de compra abierta con fechas programadas de entrega.

c.- Etiquetas: La recepción de este producto utilizado para la identificación del producto en el envase se realiza por cantidades determinadas y para un período de tiempo corto. No se ha logrado manejar un adecuado nivel de inventario y muchas veces se ha dado el caso que el inventario ha bajado a extremos demasiado bajos. Este material de empaque se utiliza para las presentaciones de cipax y de bidones.

Existen insumos que se utilizan dentro de los procesos de la planta y que forman parte de servicios proporcionados por terceros. Los principales son:

1.- Agua. Este insumo es suministrado por la Zona Franca donde se localiza la planta. El agua se utiliza para diluir el peróxido de hidrógeno por lo que es el principal insumo requerido para este proceso. El agua utilizada para el proceso de dilución requiere de un tratamiento previo a su utilización.

El pre-tratamiento de agua elimina sólidos en suspensión, olores y dureza. La osmosis inversa elimina contaminación orgánica. El desmineralizador elimina los iones metálicos del agua. Es importante eliminar estos iones, pues provocan descomposición en el peróxido de hidrógeno. La calidad de agua requerida para dilución se mide por su conductividad, siendo un valor adecuado de 0.2 a 0.5 micro-siemens por cm^2 . El sistema de tratamiento de agua se puede observar en la figura 8.

DIAGRAMA ACTUAL DE LA PRODUCCION DE AGUA DEMINERALIZADA
 PLANTA NOBEL SYSTEMS, GUATEMALA

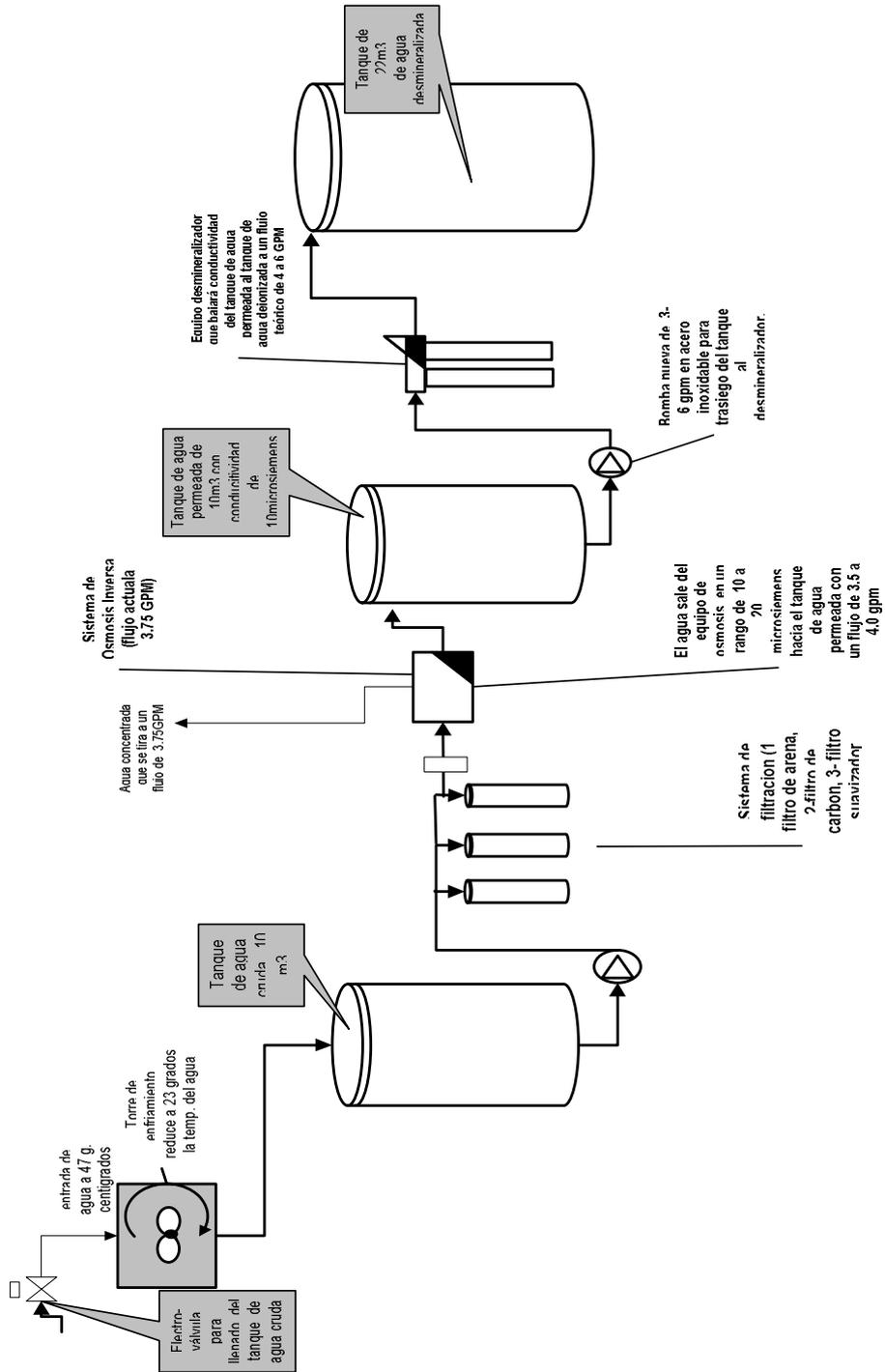


Figura 8. Sistema de tratamiento de agua.

2.- Aire. Se tienen dos sistemas de aire para garantizar el aire necesario para cada proceso. El primer sistema se compone de un compresor libre de aceite de 15HP, que produce aire para los procesos de: descarga de isotanques y de agitación en la dilución. El otro sistema lo forma un compresor de 5 HP, se utiliza en la operación de llenado, para el sistema de cierre neumático de las tapas de los bidones y para los actuadores neumáticos de las válvulas del sistema de llenado.

2.3.3 Proceso de dilución

Es la principal operación dentro de la planta y en éste se obtiene el producto terminado requerido por los clientes para sus procesos. En este proceso se reduce la concentración en peso del peróxido de hidrógeno originalmente al 70% a una concentración en peso de 50%. El volumen de producto a diluir es trasegado a uno de los tanques para dilución (el 6611 y/o el 6512-A), luego calcula la cantidad de agua desionizada necesaria para reducir la concentración en peso al valor deseado. Después de agregada el agua, la mezcla es agitada por medio de aire libre de aceite por un período de 20 a 30 minutos. Al terminar la agitación se da un tiempo de reposo y se toma una muestra para ser analizada en el laboratorio y determinar la concentración en peso final de la mezcla.

En el proceso de dilución, la concentración en peso podría no cumplir con los requerimientos deseados si se encontrara fuera de los límites requeridos de 49.9% y 50.5%, en los cuales es necesario ajustar la mezcla ya sea con agua o con peróxido dependiendo del valor obtenido en el análisis.

El proceso de cálculo para determinar el volumen de agua requerido para diluir un volumen determinado de peróxido al 70% es el siguiente:

1. El peso en kilos del peróxido al 70% a diluir se divide entre el valor de su densidad, 1290 Kg. /m³. Este resultado da un volumen en metros cúbicos de producto al 70%.
2. El volumen obtenido se multiplica por la concentración del peróxido al 70% (valor aproximado de 903 Kg. /m³) y se divide entre la concentración del peróxido al 50% (valor aproximado de 600 Kg. /m³). Este resultado da un volumen en metros cúbicos de producto diluido al 50%.
3. El volumen de agua necesario para la dilución se encuentra con la diferencia en volúmenes $V_f - V_o$, donde el V_f es el volumen al 50% encontrado en el punto 2 y V_o es el volumen al 70% del punto 1.

Si se requiriere ajustar la solución diluida porque tiene un valor muy alto en porcentaje en peso (arriba de 50.5%), se utiliza la fórmula para la conservación de masa siguiente:

$$V_o \times C_o = V_f \times C_f$$

Donde V_o = Volumen al inicio del cálculo en m³.

C_o = Concentración de la solución al inicio del cálculo en Kg. /m³

V_f = Volumen final requerido en m³.

C_f = Concentración final a 50% (600 Kg. / m³)

Si se requiere ajustar la concentración con más peróxido (el % en peso salió debajo de los parámetros) se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{70\%} = V_a \times \frac{(600 - C_a)}{301.8}$$

Donde $V_{70\%}$ = Volumen de peróxido al 70% requeridos en metros cúbicos para completar la dilución

V_a = Volumen total de la solución con baja concentración en metros cúbicos

C_a = Concentración de la solución con baja concentración en Kg. /m³

2.3.4 Proceso de llenado

Para el proceso de llenado se utilizan dos estaciones formales y una tercera estación que no se usa frecuentemente y que está por eliminarse. La primera estación es para el llenado de bidones y cipax, la segunda y tercera estación son para el llenado de isotanques.

La estación para el llenado de bidones y cipax está compuesta por una bomba centrífuga de acero inoxidable con capacidad de 15GPM, un sensor y transmisor de flujo, una pistola de llenado, un panel indicador de flujo y dos válvulas con actuadores neumáticos, una colocada antes del sensor de flujo y otra en la pistola de llenado gobernadas por el medidor de flujo. Todo el sistema se interconecta por medio de tuberías de acero inoxidable y manguera grado sanitario de 1". La bomba succiona producto de los tanques 6611 o 6512-A y lleva el producto hasta el envase pasando por el sensor de flujo y la pistola de llenado.

Existen dos programas en la memoria del indicador de flujo: uno para el llenado de bidones denominado "bidones 62 Kg." y otro para el llenado de cipax denominado "cipax 960 Kg.". Para el llenado se selecciona el programa de la presentación a llenar y automáticamente el sensor envía una señal al medidor de flujo quien controla las válvulas con actuadores neumáticos para que abran o cierren el paso de producto al iniciar o terminar el ciclo de llenado. Existe un retardo de cierre de aproximadamente 3 a 5 segundos entre la primera válvula con actuador (ubicada antes del sensor de flujo) y la segunda válvula con actuador (ubicada en la pistola de llenado) con el objeto de reducir la cantidad de producto que pudiera quedar entre el sensor de flujo y la pistola de llenado. En el arranque ambas válvulas abren simultáneamente. Si existiera una situación de emergencia, el paro o arranque puede hacerse manualmente desde la pistola de llenado o desde la consola del indicador de flujo. En la operación normal, el arranque y paro lo realiza de forma automática el medidor de flujo cuando el peso objetivo se ha completado.

El llenado de bidones se realiza en paletas plásticas con 9 bidones cada una y el llenado se hace individualmente. Cuando se completa el llenado de las 9 unidades se cambia de paleta, para iniciar un nuevo ciclo de llenado. Las tapaderas se aprietan con un dispositivo neumático calibrado que dé el torque necesario para que el apriete de la tapa sea correcto y evitar fugas de producto. El peso se verifica en el mismo momento del llenado sobre una balanza. No se pueden llenar de forma simultanea cipax y bidones.

La segunda estación de llenado es para el llenado de isotanques y se compone de una bomba centrífuga de acero inoxidable con capacidad de 135GPM, tubería de 3" con una válvula de bola al final de la línea de llenado.

El volumen para el llenado de cada isotanque se mide por medio de una cinta calibrada en milímetros. El procedimiento para determinar el volumen es el siguiente:

- 1.- El peso del producto a despachar se divide entre su densidad. Este resultado da el volumen en litros a trasegar del tanque vertical al isotanque.
- 2.- El volumen se divide entre la constante del tanque donde se encuentra el producto, para el tanque 6611 la constante es 9.62 y para el tanque 6512-A es 12.566. El resultado da la medida lineal en milímetros que se deben reducir al nivel de producto del tanque de donde se saca. Las constantes mencionadas son el área de cada tanque.
- 3.- Con la medida inicial del nivel del tanque se inicia el llenado, y se detiene al completar la medida final. La medida final se obtiene al sumar a la medida inicial la medida lineal del paso anterior. El paro del llenado se puede hacer automático desde cualquiera de los tanques pues existe un botón de paro en cada uno.

Para el inicio del llenado de un isotanque se deben considerar las siguientes situaciones:

- 1.- Verificar que el isotanque no contenga residuos de producto en el interior.
- 2.- Abrir la válvula al final de la línea de llenado.
- 3.- Verificar la apertura y cierre de la válvula de salida y de recirculación respectiva del tanque a utilizar para poder operar la bomba.

La tercera estación de llenado no se utiliza frecuentemente y utiliza la misma bomba del llenado de bidones y cipax a través de una tubería de 1 ½". Esta estación únicamente puede llenar del tanque 6611 y es más lenta para el llenado.

2.3.5 Análisis de la programación de los despachos a clientes

Actualmente la planta despacha producto a clientes en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, quienes consumen el producto en las 3 presentaciones: bidones, cipax e isotanques. Del total de las industrias que consumen el producto, un 95% son industrias textiles que usan el peróxido de hidrógeno en el proceso de blanqueo de fibra textil. El 5% restante son industrias del papel que utilizan el producto para el blanqueo de la pulpa en el proceso de reciclaje de papel. En la Tabla I se presenta una distribución de los consumos promedio por país y por presentación durante los meses de enero a julio del 2005.

Tabla I. Distribución de despachos por país y presentación

País	% de consumo por presentación		
	Bidones 62 Kg.	Cipax 960 Kg.	Isotanques
Guatemala	17%	7.2%	0%
El Salvador	4.1%	2.6%	6.5%
Honduras	4.7%	2.2%	53.5%
Nicaragua	0.6%	0%	1.6%

Fuente: Historial de ventas realizadas en planta de Guatemala

Los despachos son programados para salir entre los días lunes a viernes, dentro del horario normal de operación de la planta, sin embargo muchas veces salen en horarios nocturnos por algún tipo de inconveniente que se genera en planta o aduana.

Los clientes envían sus órdenes de compra con uno o varios despachos programados los cuales se trasladan a un programa semanal que es preparado por el área de logística. Este programa es semanal y se presenta en el corto plazo (una semana) e indica el cliente, las toneladas a despachar, la presentación requerida, la fecha de salida de planta y la fecha de entrega al cliente. Con este programa de despachos se puede verificar cuanto producto debe haber disponible como 50% diluido, cuánta materia prima se requiere, cuántos insumos y material de empaque son necesarios. Pero existe el inconveniente que este programa está en el corto plazo. Debiera existir un programa de producción que establezca estos requerimientos pero lamentablemente no se realiza.

Anteriormente se llevaba un programa en el que se programaban todos despachos de las órdenes de compra recibidas de los clientes, también se proyectaban las futuras compras de acuerdo a un historial de consumos lo que permitía tener una programación de aproximadamente dos a tres meses. También se tenía un historial que registraba los despachos por presentación y que descargaba los insumos como tapas para bidones, etiquetas y envase que se consumían, generando de esta forma un inventario al final del día.

Cada despacho que se realiza desde la planta lleva un procedimiento, en el área de producción para preparar el producto y en logística para disponer de los documentos necesarios para la exportación. El procedimiento en producción que se realiza para preparar un despacho es el siguiente:

- 1.- verificar la existencia de producto en la presentación requerida por el cliente de acuerdo al plan de despachos.

- 2.- Si no hay existencia, planificar el llenado o la preparación de dilución de producto para luego proceder con el llenado.
- 3.- Antes del despacho se elabora un certificado de análisis del producto.

El procedimiento de logística para el despacho a los clientes se puede dividir en dos procesos:

- El de clientes locales y
- El de clientes externos.

Dentro de los clientes locales hay quienes realizan su propio trámite, pero los pasos generales para los clientes locales son:

- 1.- Elaborar la factura del producto a despachar.
- 2.- El cliente debe llevar la factura al Departamento de productos controlados del Ministerio de Salud Pública para autorización.
- 3.- Con la factura autorizada, se elabora la carta de porte y lista de empaque.
- 4.- De acuerdo al régimen sobre el cual trabaja el cliente, algunos clientes deben pagar impuestos y otros están exentos del pago.
- 5.- Realizar la póliza de exportación para el producto.
- 6.- Llevar a la aduana la póliza y los documentos de la exportación para solicitar autorización para la salida del producto.

Para los clientes externos es el mismo procedimiento anterior, a excepción de que la factura no requiere autorización del Departamento de productos controlados y el trámite se desarrolla en el mismo día por el exportador.

Para la distribución del producto los proveedores del servicio de transporte cuentan con furgones de 45 pies y 48 pies y con arañas (porta-furgones) de 20 pies para poder transportar los isotanques.

2.4 Manejo de los inventarios

Un factor muy importante en el control de las operaciones de la planta es el manejo de los inventarios. La disponibilidad de producto terminado es un elemento indispensable para poder realizar despachos en tiempo a los clientes. Para el manejo de un inventario de gran precisión, se requiere del enfoque en tres aspectos:

- a. Producto al 70% como materia prima
- b. Producto al 50% como producto terminado
- c. Material de empaque e insumos para la producción.

2.4.1 Análisis de los inventarios de producto al 70% - materia prima.

Para el almacenamiento de producto al 70% como materia prima se cuenta con 2 tanques verticales de 80 m³ cada uno, los cuales pueden almacenar aproximadamente 5 isotanques de 20,000 kilos cada uno. En total se tiene una capacidad de 160 m³ (10 isotanques de 20,000 kilos cada uno). Con esta capacidad de almacenamiento al 70% se puede cubrir la demanda de un poco más de una semana, lo que se considera un inventario muy corto para cubrir alguna eventualidad que surgiera con los proveedores de producto. Los despachos promedio a los clientes por semana son de 125 a 150 m³ por semana en las distintas presentaciones que se manejan y la recepción semanal de producto está en 6 a 8 isotanques, lo que nos permite en este momento, mantener un nivel adecuado de inventario de materia prima.

Para poder manejar adecuadamente la demanda a futuro de producto debemos de analizar si la capacidad de almacenamiento es la adecuada o si debemos de realizar una ampliación para poder pensar más a futuro y no tan a corto plazo. Lo ideal en el manejo de materia prima es tener un nivel de inventario suficientemente alto de 70% para poder producir más producto al 50%. No es conveniente para la empresa almacenar más 50% que 70%. Por cada m³ de producto al 70% se puede producir 1.5 m³ al 50%, lo que hace conveniente manejar más 70% en inventario.

2.4.2 Análisis de los inventarios de producto terminado - al 50%.

Para el manejo de inventario de producto terminado tanto a granel como envasado, se tiene la siguiente capacidad:

- a. 1 tanque de 40m³ y 1 tanque de 80m³, siendo la capacidad total de almacenamiento en tanques para producto terminado de 120 m³.
- b. Para almacenar producto terminado envasado en cipax y bidones, se cuenta con un sistema de racks tipo drive inn, de 144 posiciones donde se pueden almacenar cipax y paletas con 9 unidades cada una. De acuerdo a las necesidades que se tengan, se puede jugar con las cantidades de cipax y bidones que se necesiten almacenar en los racks.

Una adecuada distribución para este sistema de racks nos permitiría tener la siguiente distribución de almacenamiento:

108 paletas de 9 bidones cada una con un peso por bidón de 62 kilos, para un total de 972 bidones (60,264 kilos) que hacen un total de 3 lotes de producto envasado. Además podemos almacenar 36 cipax de 960 kilos cada uno.

De acuerdo a la Tabla I, se observa que las presentaciones que tienen demanda más alta son los bidones y los isotanques, con estos porcentajes podemos determinar que la mayor la necesidad en planta está en tener suficiente envase de bidón lleno y suficiente producto diluido en los tanques para el llenado de los isotanques. De acuerdo a la demanda futura de bidones podremos determinar si es necesario mantener en inventario más bidones llenos que cipax, o tener alguna otra alternativa como incrementar los espacios entre líneas en los racks para almacenar más paletas con bidones.

2.4.3 Análisis de los inventarios de material de empaque e insumos

El material de empaque que debe mantenerse siempre en existencia son: Envases de bidón de 62 kilos, tapas para bidones, etiquetas para identificación de producto y envases de cipax.

Los envases de bidón se manejan en dos tipos: nuevos y reciclados. Los envases nuevos son para clientes que así lo requieren, pues no son consumidores finales sino que venden el producto a otros clientes. Los envases reciclados son utilizados por consumidores finales quienes utilizan directamente el producto y que aceptan esta opción por el beneficio de un mejor precio por tonelada de producto. Para mantener un nivel adecuado de inventario de bidones nuevos, se compra envases vacíos al proveedor local, mientras que los envases usados o de reciclaje se recuperan de los clientes que los reciclan en Honduras y Guatemala.

Cuando no hay bidones reciclados vacíos en existencia se utilizan bidones nuevos para realizar el despacho a los clientes. Cuando un envase reciclado ha cumplido con su ciclo de vida, se sustituye por un envase nuevo, este cambio se realiza para evitar incidentes o accidentes durante su manejo. Es conveniente tener en inventario de producto terminado bidones en ambas presentaciones y también envases vacíos nuevos y reciclados para cumplir con la demanda establecida por los clientes.

Para el manejo de los bidones reciclados se utiliza un procedimiento especial, deben ser lavados y limpiados por afuera, se deben lavar por adentro con agua desionizada, se etiquetan, se les coloca su respectiva tapa y se empaletan para prepararlos para el proceso de llenado.

Los bidones nuevos vacíos son almacenados en un determinado lugar de la planta. Antes de su uso son etiquetados, empaletados y se les coloca su tapa. No requieren de lavado interno con agua desionizada.

Las tapas para bidones se consumen en el mismo número en que se consumen los bidones y son indispensables para el despacho de producto terminado en esta presentación. Estas tapas vienen empacadas en cajas de 500 unidades cada una y actualmente vienen desarmadas desde Colombia. Antes de su uso se arman y se vuelven a empacar en sus cajas. Para su almacenaje no existe un espacio físico definido en planta, es de importancia poder ubicar tanto las etiquetas como las tapas y otros insumos en un lugar específico para controlar los movimientos de inventario.

Las etiquetas de identificación de producto vienen en rollos de 1000 unidades, por lo regular se compran de 5,000 a 10,000 unidades, las cuales pueden durar 3 a 4 meses de acuerdo a la demanda de producto. Se utilizan para la identificación de cipax y bidones.

Para manejar adecuadamente los inventarios de materia prima, insumos y producto terminado, se debe establecer un procedimiento que defina la forma de control, las cantidades mínimas de producto y material de empaque a manejar y el nivel de reorden de acuerdo al tipo de insumo o producto utilizado.

2.5 Análisis de los costos de operación actuales

Algunos de los costos que se generan en la operación de la planta se deben a la compra desordenada de insumos, servicios de logística para la importación y exportación de producto. Otro costo adicional se debe al empleo de personal contratista para realizar operaciones específicas de la planta. Actualmente no se lleva un control de estos costos que se generan, ni se consideran otros costos que indirectamente afectan la operación de la planta y el manejo de los inventarios.

2.5.1 Costos de almacenaje de materia prima

Actualmente no lleva un control de costos para el manejo del peróxido de hidrógeno. Tampoco se han considerado costos como el de almacenaje, depreciación, el de ordenamiento, etc. El costo de almacenaje de materia prima no debería ser muy alto debido a la alta rotación actual del producto.

Es importante definir prioridades en el manejo de costos para los inventarios de materia prima. ¿Qué conviene más: si aumentar la capacidad de almacenaje para reducir costos de logística o mantener bajos los costos de inventario pero sacrificando la disponibilidad de producto para los clientes?

Cada tonelada de peróxido de hidrógeno al 70% cuesta US\$ 327.00 incluyendo los fletes y seguro, el traslado desde puerto hasta la planta tiene un costo de US\$ 500.00 por isotanque con peróxido de hidrógeno. Al momento, ¿cuál es el costo de mantener llenos los dos tanques de materia prima? La densidad del peróxido al 70% es 1,290 Kg./m³, si en total podemos almacenar 160 m³ de peróxido de hidrógeno como materia prima, en toneladas estos metros cúbicos representan:

$$\text{TM 70\%} = 160 \text{ m}^3 \times 1,290 \text{ Kg. /m}^3 \times 1 \text{ TM} / 1000 \text{ Kg.} = 206.4 \text{ TM}$$

El costo por mantener este producto en inventario es el siguiente:

$$\text{US\$} = 206.4 \text{ TM} \times \text{US\$} 327.00 / \text{TM} = \text{US\$} 67,492.80$$

Cuando se traslada producto hacia el terminal de dilución, los costos de fletes y logística se mantienen y no varían. Estos costos son iguales si se trae el producto esta semana o dos semanas después, aunque se pudiera lograr un mejor costo por un mayor volumen.

2.5.2 Evaluación de los costos de utilización de mano de obra

Actualmente la planta cuenta con la siguiente mano de obra en planta:

- a. Un operador líder cuyo salario mensual es de Q. 2,500.00. Entre sus funciones principales están las de dar apoyo en toda la parte operativa de la planta.
- b. Un piloto operador que tiene un salario mensual de Q 2,200.00. Esta persona pertenece tanto al área de logística como de producción.
- c. 2 operadores cuyos salarios mensuales son: Q. 1,550.00 y Q. 1,300.00. Son responsables de la mayoría de tareas de la parte operativa de planta.

En total la parte operativa tiene una carga de Q. 7,550.00 mensuales más el tiempo extra que las personas realizan cuando es necesario.

Existe un costo adicional en el que se incurre por el empleo de personal contratista para realizar las siguientes tareas:

- Carga de bidones en furgón. El costo por furgón de esta operación es de: Q. 300.00. Por lo regular son despachados de planta un promedio de 7 furgones mensuales. En total en el mes se paga un promedio de Q. 2,100.00 por carga de furgones.
- Descarga de bidones reciclados provenientes de clientes. Esta tarea casi no la realiza el personal contratista, pero si se hace tiene un costo de Q. 50.00 por furgón descargado.
- Armado de tapas para bidones provenientes de Colombia. Este costo no debería de darse porque el proveedor debería de mandar las tapas armadas, sin embargo las tapas vienen desarmadas y esto tiene un costo adicional de Q. 50.00 por caja de 500 unidades.

- Mantenimiento de envases cipax, este mantenimiento se refiere a la pintura del envase metálico el cual se paga a Q. 80.00 por envase y el monto mensual variará de acuerdo a la cantidad de cipax reparados. En promedio se realiza la pintura de 12 envases por mes.

3.- PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN TOTAL DE LAS OPERACIONES

El Plan Total a implementar en las operaciones de la planta de dilución tiene tres propuestas:

- 1.- Determinación de la proyección a futuro de materia prima utilizando modelos de proyecciones.
- 2.- Elaboración de un plan maestro de producción.
- 3.- Manejo adecuado de los inventarios de producto terminado e insumos, por medio de una proyección de demanda, determinada por un modelo de inventario.

3.1 Propuesta para determinar la proyección a futuro de la materia prima e insumos:

El propósito es coordinar y controlar todas las fuentes de demanda de manera que el sistema productivo de la empresa se utilice eficientemente para lograr que el producto llegue en el tiempo previsto a las instalaciones del cliente.

Existen dos fuentes básicas de demanda:

- a.- La demanda dependiente: esta se genera por la demanda de otros productos o servicios como lo son: la venta de bidones, la venta de cipax, etc.
- b.- La demanda independiente: esta demanda no es causada por la demanda de otros productos. Ocurre por ejemplo cuando se produce agua, aire comprimido, etc.

Las proyecciones o pronósticos son útiles en las empresas para la toma de decisiones gerenciales y para la adecuada planeación corporativa de largo plazo. En el área de producción, los pronósticos permiten tomar decisiones para la selección de procesos y para planificar la capacidad de la planta de producción y de sus instalaciones con la finalidad de satisfacer la demanda final del producto.

Existen cuatro tipos básicos de proyección:

- a.- **Cualitativas.** Estas utilizan el juicio y la experiencia. Se utilizan para pronósticos de mediano y largo plazo.
- b.- **Análisis de series del tiempo.** Predicen el futuro en base a la sucesión de datos históricos.
- c.- **Proyección causal.** Utiliza la técnica de regresión lineal y supone que la demanda está relacionada con algún factor subyacente.
- d.- **Modelos de simulación.** Examina una serie de supuestos para la proyección de la demanda y con elementos estadísticos, puede ofrecer un escenario más acorde y exacto del comportamiento de la demanda en tiempos futuros precisos.

La selección de un modelo de proyección puede depender de:

- El espacio de tiempo entre un período y otro, para pronosticar
- Las características y disponibilidad de los datos
- La precisión requerida
- Presupuesto disponible para el trabajo de proyección

Para el caso presente, se utilizará el método de proyección de análisis de las series del tiempo, ya que reúne, sin muchas dificultades, las características de confiabilidad, rapidez y facilidad para la interpretación de sus resultados. Antes de usarlos, repasaremos algunos: promedio móvil ponderado, el ajuste exponencial y el de proyección enfocada.

3.1.1 Modelo de promedio móvil ponderado

A diferencia del modelo de promedio móvil simple, en donde se realiza un promedio de “n” cantidades determinadas de datos, en este modelo se establece una ponderación, para cada componente de la demanda, cuya suma de todas las ponderaciones debe dar como resultado 1, es decir 100%.

Su fórmula es la siguiente:

$$P_t = z_1 D_{t-1} + z_2 D_{t-2} + z_3 D_{t-3} + \dots + z_m D_{t-m}$$

Donde: z_1 = Ponderación dada a la ocurrencia real en el período t-1
 z_2 = Ponderación dada a la ocurrencia real en el período t-2
 z_m = Ponderación dada a la ocurrencia real en el período t-m
m = Número total de períodos en la proyección
t = Período de tiempo que se trabaja, puede ser meses o años.

3.1.1.1 Selección de las ponderaciones.

Una forma sencilla de escoger las ponderaciones es a través de la experiencia, la prueba y el error. Como norma general, los datos más recientes del pasado son los indicadores más importantes, por lo que la ponderación mayor se les asigna a estos datos.

Ejemplo No. 1 En la tabla II se muestran los valores de ventas reales de un producto X. La segunda columna muestra las ventas reales y en la tercera columna se muestran los valores resultantes de las proyecciones calculadas. Estas proyecciones se calcularon en función de 3 datos y las ponderaciones utilizadas fueron: 0.5, 0.32 y 0.18.

El pronóstico para los primeros 3 meses resultó así:

$$P_{\text{abril}} = 0.50 (98) + 0.32 (102) + 0.18 (106) = \mathbf{100}$$

$$P_{\text{mayo}} = 0.50 (103) + 0.32 (98) + 0.18 (102) = \mathbf{101}$$

$$P_{\text{junio}} = 0.50 (110) + 0.32 (103) + 0.18 (98) = \mathbf{106}$$

De igual forma se realiza el cálculo para el resto de meses, considerando los 3 valores anteriores de las ventas reales para el cálculo de las proyecciones siguientes. Los valores de las proyecciones se muestran en la tabla II.

Tabla II. Ventas reales y proyección del producto X, ejemplo No.1

MES	<u>VENTAS REALES</u> <u>(millones de unidades)</u>	<u>PROYECCIÓN</u> <u>(PMP)</u>
Enero	106	****
Febrero	102	****
Marzo	98	****
Abril	103	100
Mayo	110	101
Junio	95	105
Julio	115	101
Agosto	110	107
Septiembre	114	109
Octubre	118	113
Noviembre	108	115
Diciembre	112	112

3.1.2 Modelo de Ajuste exponencial:

Es el método de proyección más utilizado de todas las técnicas de proyección. Es una técnica de promedio que utiliza pesos desiguales; sin embargo las ponderaciones aplicadas a las observaciones pasadas decrecen de forma exponencial. Es aceptado por las siguientes razones:

- Por su exactitud y fácil formulación
- Fácilmente entendible
- Utiliza pocos cálculos y pocos datos históricos
- Su exactitud puede comprobarse fácilmente

Para el método de ajuste exponencial, se requieren 3 datos: la proyección más reciente, el valor de la demanda real registrada en ese período proyectado y la constante de ajuste denominada alfa (α), cuyo valor está determinado tanto por la naturaleza del producto como por el criterio de la persona que realiza el pronóstico, en el inciso 3.1.2.1 puede verse cómo se determina este factor.

La ecuación para una proyección de ajuste o suavizamiento exponencial es como sigue:

$$P_t = P_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - P_{t-1})$$

Donde: P_t = La proyección de ajuste exponencial para el período t

P_{t-1} = La proyección de ajuste exponencial para el período anterior a t

D_{t-1} = La demanda real durante el periodo anterior a t

α = La tasa de respuesta deseada o la constante de ajuste.

t = Período analizado

La ecuación indica que la nueva proyección es igual a la anterior más una proporción de error (la diferencia entre la proyección anterior y lo que realmente ocurrió).

3.1.2.1 Determinación del valor alfa (α) - nivel de confiabilidad - para la determinación de la demanda

El ajuste exponencial requiere que a la constante de ajuste alfa (α) se le asigne un valor entre 0 y 1, que estará en función de:

- Si la demanda real es estable. Por ejemplo si se refiere al caso de energía y alimentos, se podría asignar un factor de alfa pequeño (entre 0.1 y 0.3), para disminuir los efectos de los cambios a corto plazo o aleatorios.
- Si la demanda real se incrementa o se reduce rápidamente, por ejemplo artículos de moda o artefactos nuevos, se pondría un alfa grande para poder mantener el ritmo de los cambios, esto es entre 0.6 y 0.9.

Sería ideal poder predecir el alfa que se debe utilizar, sin embargo hay dos aspectos en contra:

- 1.- Tomaría algún tiempo determinar el alfa que se ajusta mejor a los datos reales, aunque puede hacerse a través de un seguimiento histórico y elegir allí un factor más apropiado en función, por ejemplo, de la temporada de venta.
- 2.- Debido a los constantes cambios de demanda, el alfa que se escoja esta semana puede necesitar revisión en un futuro próximo.

Proyección adaptable.

Existen dos enfoques para controlar el valor de alfa. El primero utiliza los diferentes valores de alfa. El segundo emplea una señal de rastreo.

- 1.- Dos o más valores predeterminados de alfa. Se mide la cantidad de error entre la proyección y la demanda real. Dependiendo del grado de error, se utilizan diferentes valores de alfa. Si el error es grande, alfa puede ser de 0.8; si el error es pequeño, alfa puede ser de 0.2.

2.- Valores calculados para alfa. Un alfa de rastreo calcula si la proyección está manteniendo el ritmo de los cambios genuinos hacia arriba o hacia abajo de la demanda. En esta aplicación, el alfa de rastreo es el error real ajustado exponencialmente dividido por el error absoluto ajustado exponencialmente. Alfa cambia de un período a otro dentro de la gama posible de 0 a 1.

Ejemplo No. 2 En el siguiente caso se calcula el valor de los pronósticos utilizando los datos del ejemplo 1 y aplicando el método de ajuste exponencial. El valor de alfa (α) a utilizar es 0.3: es decir un factor pequeño considerando una demanda estable.

Tabla III. Ventas reales y proyección del producto X, ejemplo No. 2

MES	<u>VENTAS REALES</u> (millones de unidades)	<u>PROYECCIÓN</u> (millones de unidades)
Enero	106	****
Febrero	102	****
Marzo	98	100
Abril	103	99.4
Mayo	110	100.5
Junio	95	103.3
Julio	115	100.8
Agosto	110	105
Septiembre	114	106.5
Octubre	118	108.7
Noviembre	108	111
Diciembre	112	110

Considerando que la proyección de marzo fue de 100, la proyección para los primeros 3 meses sería la siguiente:

$$P_{\text{abril}} = 100 + 0.3 (98 - 100) = \mathbf{99.4}$$

$$P_{\text{mayo}} = 99.4 + 0.3 (103 - 99.4) = \mathbf{100.5}$$

$$P_{\text{junio}} = 100.48 + 0.3 (110 - 100.48) = \mathbf{103.3}$$

De la misma forma se calcularon los pronósticos para el resto de meses de este ejemplo y se colocaron en la columna de proyección en la tabla III.

3.1.3 Proyección enfocada

Su principal utilización es en el manejo del inventario de los bienes terminados. Algunas reglas de proyección para aplicar este modelo son:

- 1.- La venta de los últimos tres meses, será lo que se venderá probablemente en los próximos tres meses.
- 2.- Lo vendido en los mismos tres meses del período pasado, será probablemente lo que se venda en los mismos tres meses del presente período.
- 3.- Probablemente se venda 10% más en los próximos tres meses, de lo que se vendió en los últimos tres meses del mismo período.
- 4.- Probablemente se venda 50% más durante los próximos tres meses de lo que se vendió en los mismos tres meses del período pasado.
- 5.- Cualquier cambio de porcentaje presentado en los últimos tres meses del presente período, comparado con los mismos tres meses del período año pasado, será probablemente el mismo cambio porcentual que se tendrá para los próximos tres meses del presente período.

Ejemplo No. 3 El siguiente ejemplo muestra la venta en toneladas métricas de producto para una industria química. Utilizando las 5 reglas del método de proyección enfocada se determinó la demanda de los siguientes meses.

Tabla IV. Venta en toneladas métricas de producto químico, ejemplo No. 3

MES	<u>VENTAS AÑO 2000</u> <u>(miles de toneladas)</u>	<u>VENTAS AÑO 2001</u> <u>(miles de toneladas)</u>
Enero	225	265
Febrero	210	274
Marzo	221	249
Abril	241	274
Mayo	236	282
Junio	245	285
Julio	237	262
Agosto	260	274
Septiembre	229	290
Octubre	250	288
Noviembre	242	292
Diciembre	249	300

Solución: El cálculo para el trimestre de julio a septiembre se realizó así:

La primera regla establece que la venta de los próximos 3 meses será igual a la venta de los 3 meses anteriores. Por lo tanto:

➤ Por la regla 1: $(274 + 282 + 285) = 841$

Lo real vendido fue de: 826 (esto es $262 + 274 + 290$). Entonces la proyección fue $(841/826) = 100.2\%$ de la venta real dada.

- Por la regla 2: $(237 + 260 + 229) = 726$
Lo real vendido fue de: 826. La proyección fue de 87.8 % de la venta real dada.
- Por la regla 3: $1.10 \times (274 + 282 + 285) = 925$.
La proyección fue $(925 / 826) \times 100 = 112$ % más de lo real vendido.
- Por la regla 4: $1.50 \times (237 + 260 + 229) = 1089$
La proyección fue de 131.8 % arriba de lo real vendido
- Por la regla 5: La proyección de los 3 meses siguientes se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Demanda (julio, agosto, sep.)} = \frac{(274 + 282 + 285)}{(241 + 236 + 245)} \times (237 + 260 + 229)$$

$$= \frac{841}{722} \times 726 = 845$$

La proyección fue 102 % arriba de la venta real.

Las dos reglas más aproximadas a la proyección de las ventas reales fueron la primera y la quinta regla con una aproximación similar de 102%. De este cálculo se puede determinar que el último trimestre será calculado con estas dos únicas reglas por ser las más precisas.

3.2 Propuesta para la Planeación Total de la producción

La planeación total implica el traslado de los planes empresariales anuales, semestrales y trimestrales a planes de trabajo y producción de mediano y corto plazo. Su principal objetivo es minimizar el costo de los recursos requeridos para satisfacer la demanda durante ese período. El principal propósito de un plan total es especificar la combinación más adecuada de la tasa de producción, del nivel de la fuerza laboral y del inventario disponible.

3.2.1 Estrategias para la planeación de la producción

Existen tres estrategias de planeación de la producción. Éstas implican algunas modificaciones o variaciones en el tamaño de la fuerza laboral, las horas de trabajo, el inventario y el volumen de trabajo atrasado. Estas son:

1. Estrategia de Chase
2. Fuerza laboral estable - horas de trabajo variables.
3. Estrategia nivelada.

Existen 4 costos relacionados en un plan total de la producción:

1. Costos básicos de producción. Son los costos fijos y variables generados en la producción de un producto en un tiempo determinado.
2. Costos asociados a los cambios de producción. Son producidos por la contratación, entrenamiento y despido de personal.
3. Costos de mantenimiento de inventario. Formado por seguros, mantenimiento de inventario, desperdicios, etc.
4. Costos de pedidos pendientes. Son aquellos que se deben al no cumplimiento de entregas a clientes.

3.2.1.1 Estrategia de Chase

Esta estrategia iguala la tasa de producción con la tasa de pedidos mediante la contratación y el despido de empleados de acuerdo a la variación de dicha tasa. Su éxito depende de tener a un grupo de aspirantes capacitados para contratar en la medida en que el volumen de pedidos se incremente. Existe un inconveniente cuando el volumen de trabajo baja, los empleados pueden disminuir el ritmo de trabajo por temor a ser despedidos. Para entenderlo mejor, se expone el siguiente ejemplo:

Ejemplo No. 4 La empresa Jan, S.A. produce equipos de DVD y tiene la proyección en ventas y costos mostrados en las tablas V y VI. Se requiere elaborar un plan de producción total para el último semestre del año.

Tabla V. Demanda y días de trabajo empresa Jan, S.A., ejemplo No. 4

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL
Proyección de la demanda	500	600	650	800	900	800	4250
Días de trabajo	22	19	21	21	22	20	125

Tabla VI. Costos de operación empresa Jan, S.A., ejemplo No. 4

Materiales	Q.450.00 / unidad
Costo de mantenimiento de inventario	Q. 12.00 / unidad / mes
Costo de contratación y capacitación	Q. 35.00 / trabajador
Costo de despido	Q. 48.00 / trabajador
Costo por hora de trabajo	Q. 7.15 / hora
Costo por faltantes	Q. 8.00 / unidad
Costo hora extra	Q. 10.72 / hora
Horas requeridas por unidad	4

El inventario inicial es de 210 unidades. A través de la estrategia de Chase encontrar el costo de la estrategia de producción.

Solución:

Los requerimientos de la planeación de la producción se resumen así:

**Tabla VII. Requerimientos del plan de producción
empresa Jan, S.A., ejemplo No. 4**

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Inventario inicial	210	0	0	0	0	0
Proyección de la demanda	500	600	650	800	900	800
Reserva de seguridad	0	0	0	0	0	0
Requerimiento de la producción (Proyección de la demanda + reserva de seguridad – inventario inicial)	290	600	650	800	900	800
Inventario final (inventario inicial + requerimiento de la producción – proyección de la demanda)	0	0	0	0	0	0

En el siguiente cuadro se elabora el plan de producción para la estrategia de Chase.

Tabla VIII. Costos estrategia de Chase, ejemplo No. 4

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL
Requerimiento de producción	290	600	650	800	900	800	
Horas de producción Requeridas	1160	2400	2600	3200	3600	3200	
Días de trabajo / mes	22	19	21	21	22	20	
Horas por mes por trabajador	176	152	168	168	176	160	
Trabajadores requeridos	7	16	16	19	20	20	
Trabajadores nuevos contratados	0	9	9	12	13	13	
Costo de contratar (Q.)	0	315.00	315.00	420.00	455.00	455.00	1960.00
Trabajadores despedidos	0	0	0	0	0	0	
Costo de los despidos	0	0	0	0	0	0	
Costo del tiempo directo (Q.)	8294.00	17160.00	18590.00	22800.00	25740.00	22800.00	95384.00

Costo Total Q. 97,344.00

3.2.1.2 Fuerza laboral estable – horas de trabajo variables

Esta estrategia permite variar la producción variando el número de horas trabajadas a través de programas de trabajo flexibles o de tiempo extra.

Mediante la variación del número de horas de trabajo, es posible igualar las cantidades de producción con los pedidos. Provee continuidad en la fuerza laboral y evita muchos de los costos emocionales y tangibles generados por la contratación y despido de personal que se da en la estrategia de Chase.

Ejemplo No. 5 Con los datos del ejemplo 4, se calcula el costo de la estrategia de fuerza laboral estable y horas de trabajo variables. La cantidad de fuerza laboral constante es de 11 personas.

Solución: En la tabla IX se presentan los resultados de la aplicación de la estrategia en análisis.

Tabla IX. Costos Estrategia fuerza laboral estable – horas de trabajo variables, ejemplo No. 5

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL
Inventario inicial	210	194	12	-176	-514	-930	
Días de trabajo / mes	22	19	21	21	22	20	
Horas de producción disponibles	1936	1672	1848	1848	1936	1760	
Producción real	484	418	462	462	484	440	
Proyección de la demanda	500	600	650	800	900	800	
Inventario final (Invent. Inicial + producción real – proyec. De la demanda)	194	12	-176	-514	-930	-1290	
Costo de los faltantes (Q.)	0	0	1408.00	4112.00	7440.00	10320.00	23280.00
Reserva de seguridad	0	0	0	0	0	0	
Unidades sobrantes (Inv. Final – reserva de seguridad)	194	12	0	0	0	0	
Costo de mantenimiento inventario (Q.)	2328.00	144.00	0	0	0	0	2472.00
Costo del tiempo directo (Q.)	13842.40	11954.8	13213.20	13213.20	13842.40	12584.00	78650.00

Costo Total Q. 104,402.00

3.2.1.3 Estrategia nivelada

Mantiene una fuerza laboral estable trabajando a una tasa de producción constante. Los faltantes y excedentes son absorbidos por unos niveles de inventario fluctuantes, retrasos en los pedidos y ventas perdidas. Los empleados se benefician de unas horas de trabajo estables con los costos de unos niveles de servicio a los clientes potencialmente disminuidos y unos mayores costos de inventario.

Ejemplo No. 6 Utilizando los datos del ejemplo 4, se calcula el costo de la estrategia nivelada. Para el cálculo se utiliza una fuerza laboral constante de 11 personas.

Solución: En la tabla X se muestran los resultados de la aplicación de la estrategia nivelada.

Tabla X. Costos estrategia nivelada, ejemplo No. 6

	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	TOTAL
Inventario inicial	210	194	12	0	0	0	
Días de trabajo / mes	22	19	21	21	22	20	
Horas de producción disponibles	1936	1672	1848	1848	1936	1760	
Producción real	484	418	462	462	484	440	
Proyección de la demanda	500	600	650	800	900	800	
Inventario final (Inv. Inicial + produc. real – proy. De la demanda)	194	12	-176	-338	-416	-360	
Horas requeridas p/ completar los faltantes	0	0	704	1352	1664	1440	
Costo total de producir faltantes (Q.)	0	0	7546.88	14493.44	17838.08	15436.80	55315.20
Unidades sobrantes (Inv. Final – reserva de seguridad)	194	12	0	0	0	0	
Costo de mantenimiento inventario (Q.)	2328.00	144.00	0	0	0	0	2472.00
Costo del tiempo directo (Q.)	13842.40	11954.8	13213.20	13213.20	13842.40	12584.00	78650.40

Costo Total Q. 136,437.60

Después del análisis de las tres propuestas, se comparan para determinar cuál es la que resulta más conveniente para el proceso de la empresa Jan, S.A.

Tabla XI. Comparación de estrategias

Estrategia	<i>Estrategia de Chase</i>	<i>Estrategia fuerza laboral estable - horas de trabajo variables</i>	<i>Estrategia nivelada</i>
Costo de implementación	Q. 97,344.00	Q. 104,402.00	Q. 136,437.60

De la tabla XI se observa que la estrategia que mejor conviene implementar para estas condiciones es la de Chase pues tiene el menor costo en comparación con las otras dos alternativas. La implementación de una, u otra estrategia, dependerá de la conveniencia de la empresa, no siempre la contratación y despido constantes de personal será lo mejor.

3.2.2 Programa Maestro de producción

Un programa maestro de producción, es un plan detallado que establece la cantidad específica y las fechas exactas para la fabricación de los productos finales requeridos por alguna orden. El programa maestro permite que la planeación de la capacidad determine a grandes rasgos para verificar que haya instalaciones para el almacenamiento y la producción, el equipo y la mano de obra disponibles.

De un plan de producción se obtiene un programa maestro, de este programa maestro se obtiene un sistema de planificación de necesidades de materiales (MRP), que crea un programa de actividades que identifica las piezas y materiales específicos que se necesitan para producir los artículos finales, las cantidades precisas necesarias y las fechas en que hay que enviar y recibir los pedidos de estos materiales o fabricarlos dentro del ciclo de producción. Por lo general, el programa maestro se refiere a los artículos finales.

En cuanto al horizonte de tiempo de un Programa Maestro, éste puede ser variable y depender del tipo de producto, del volumen de producción y de los componentes de tiempo de entrega. Éste puede ir desde varias horas hasta varias semanas o meses, con revisiones, generalmente semanales. Para garantizar un buen programa maestro, se deben atender las siguientes recomendaciones:

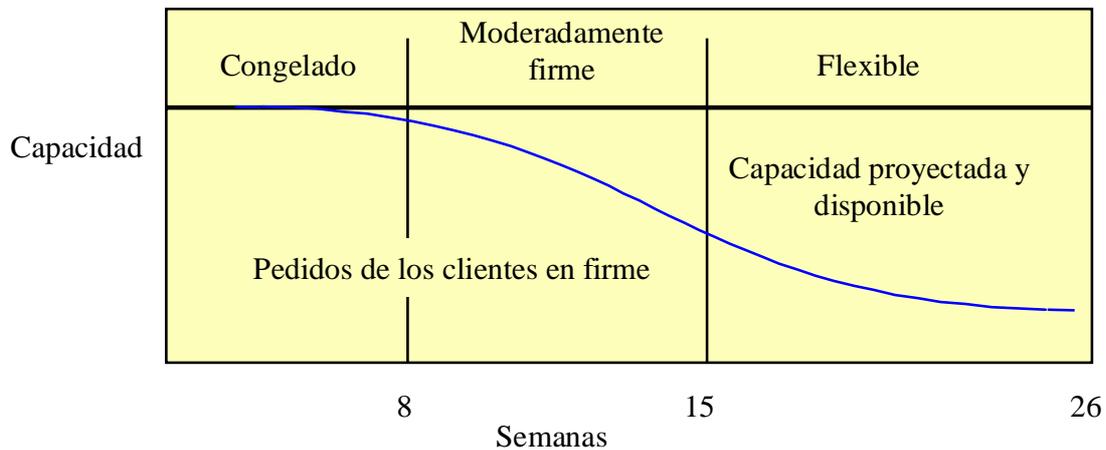
- Incluir todas las demandas de ventas de productos, reposición de depósitos, repuestos y requerimientos entre plantas.
- Nunca perder de vista el plan total.
- Involucrarse con las promesas de pedidos de los clientes.
- Ser visible en todos los niveles de la gerencia.
- Transar de manera objetiva en los conflictos relacionados con la fabricación, el mercadeo y la ingeniería.
- Identificar y comunicar todos los problemas.

3.2.2.1 Análisis de las guías del tiempo

La cuestión de la flexibilidad en un programa de producción maestro depende de varios factores: plazo de producción, compromiso de partes y componentes para un artículo final específico, relación entre cliente y vendedor, cantidad de capacidad excesiva y disposición de la gerencia para hacer cambios.

El propósito de las guías del tiempo es mantener un flujo, razonablemente controlado, a través del sistema de producción. A menos que se establezcan algunas normas operativas y todos se adhieran a ellas, el sistema podría volverse caótico, lleno de pedidos retrasados y de envíos constantes. La figura 9 es un ejemplo de una guía de tiempo para un programa maestro. Una guía de tiempo se puede definir como un período de tiempo en donde el cliente tiene oportunidad para hacer cambios en sus pedidos. De acuerdo a la figura en el área de **congelado**, se pueden realizar mínimos cambios en productos. En **moderadamente firme**, se permiten cambios en determinados productos siempre y cuando los materiales estén disponibles. **Flexible** permite casi cualquier variación en los productos siempre y cuando la capacidad se mantenga.

Figura 9. Guías de tiempo para el Programa Maestro



3.3 Propuesta para el manejo de los inventarios

Inventario: Es el conjunto de bienes tangibles que la empresa mantiene para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. Su objetivo principal es proveer a la empresa los materiales necesarios, para su continua y regular operación para cubrir una demanda establecida.

Los inventarios pueden dividirse en cuatro categorías:

- De **materia prima:** formado por la materia prima bruta, piezas y productos semi terminados que forman parte de los productos terminados.
- De **productos en curso:** son los componentes que se encuentran en las diferentes etapas de fabricación.
- De **productos terminados:** son el resultado final del sistema de producción, se guarda debidamente acondicionado hasta su expedición.
- De **suministros y repuestos:** son productos que intervienen directamente en el proceso de producción aunque no forman parte directa del producto.

Manejo o administración de inventarios:

La administración de inventario implica la determinación de la cantidad de inventario que deberá mantenerse, la fecha en que deberán colocarse los pedidos y las cantidades de unidades a ordenar. La administración de inventario se centra en cuatro aspectos básicos:

1. Cuántas unidades deberían ordenarse o producirse en un momento dado.
2. En qué momento deberían ordenarse o producirse el inventario.
3. Que artículos del inventario merecen una atención especial.
4. Protegerse, o no, contra los cambios en los costos de los artículos del inventario.

El inventario permite reducir los costos que se generan en el proceso productivo debidos a la falta de continuidad en el proceso de producción debida a la falta de materia prima, material de empaque o insumos. Además se vuelve una protección contra los aumentos de precio y contra la escasez de materia prima o insumos.

Sistemas de inventario:

Un sistema de inventario provee la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes que se van a almacenar. El sistema es responsable de ordenar y recibir los bienes; de coordinar la colocación de los pedidos y rastrear qué se ha ordenado, qué cantidad y a quién.

3.3.1 Planeación de los requerimientos de los materiales

La **planeación de requerimientos de materiales** (Material Requirements Planning -MRP-) toma los requerimientos del producto final del programa maestro de producción y los descompone en sus partes y sub ensamblajes para crear un plan de materiales. Este plan especifica cuándo debe producción y las órdenes de compra, colocarse en cada parte, y el sub ensamblaje para completar los productos del programa. El sistema de Planeación de los requerimientos de materiales funciona de la siguiente manera: los pedidos de productos se utilizan para crear un programa de producción maestro que indica el número de artículos a producirse durante períodos de tiempo específicos. El **archivo de la lista de materiales** identifica los materiales específicos utilizados para hacer cada artículo y las cantidades correctas de cada uno. El **archivo de registros del inventario** contiene datos tales como el número de unidades disponibles y sobre pedido. Estas tres fuentes –programa de producción maestro, archivo de la lista de materiales y archivo de registros de inventario- se convierten en las fuentes de datos para el programa de requerimientos de materiales, que expande el programa de producción hacia un detallado plan de programación de pedidos para toda la secuencia de producción.

El **archivo de la lista de materiales (bill of materials, BOM)** contiene la descripción completa del producto, enumerando no sólo los materiales, las partes y los componentes, sino también la secuencia según la cual se crea el producto. También se le denomina *archivo estructural del producto o árbol del producto* porque muestra la forma cómo este se arma, la información para identificar cada artículo y la cantidad utilizada por unidad del artículo del cual forma parte.

3.3.1.1 Plan de consumo de materiales

Es el plan que integra aquellos materiales consumidos en la fabricación de un producto o prestación de un servicio productivo, pudiéndose cuantificar qué cantidad realmente fue empleada para su elaboración y pueda solicitarse por igual a los almacenes de materiales. El plan de consumo de materiales, proporciona una herramienta sobre el movimiento de materiales e insumos necesarios para el proceso de producción. Este plan se puede organizar de acuerdo a los requerimientos de la empresa, por mes, semana o día.

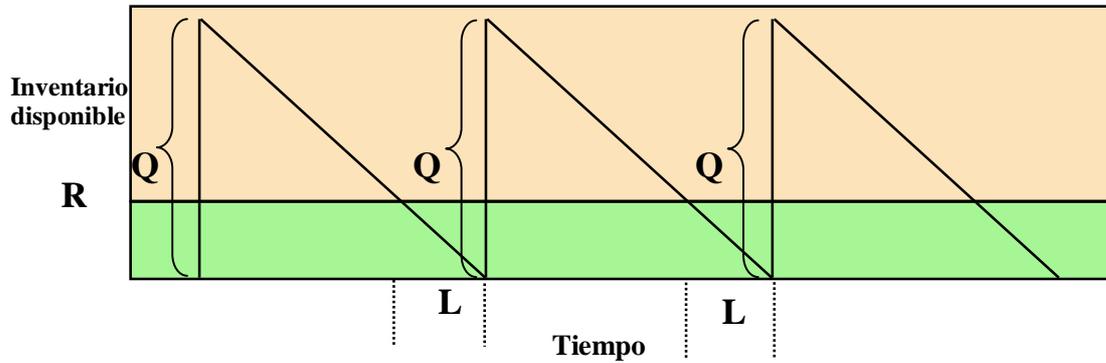
3.3.2 Modelo de cantidad fija de pedido (EOQ) en el manejo de inventarios de materia prima (producto al 70%)

El modelo de la cantidad fija de pedido o modelo de cantidad económica de pedido (EOQ o CEP, por sus siglas en inglés y español respectivamente), se basa en tres supuestos fundamentales:

- 1.- La empresa conoce cuál es la utilización anual de los artículos que se encuentran en inventario.
- 2.- La frecuencia con la cual la empresa utiliza el inventario no varía con el tiempo.
- 3.- Los pedidos que se colocan para reemplazar las existencias de inventario se reciben en el momento exacto en que los inventarios se agotan.

En la figura 10 se muestra el comportamiento del modelo básico de cantidad fija de pedido. El efecto del “diente de sierra” relativo a Q y R en la figura muestra que cuando la posición del inventario cae al punto R se coloca un nuevo pedido, el cual se recibe al final del período de tiempo L que no varía en este modelo.

Figura 10. Modelo básico de cantidad fija de pedido



R = Punto de reorden

Q = Cantidad económica de pedido

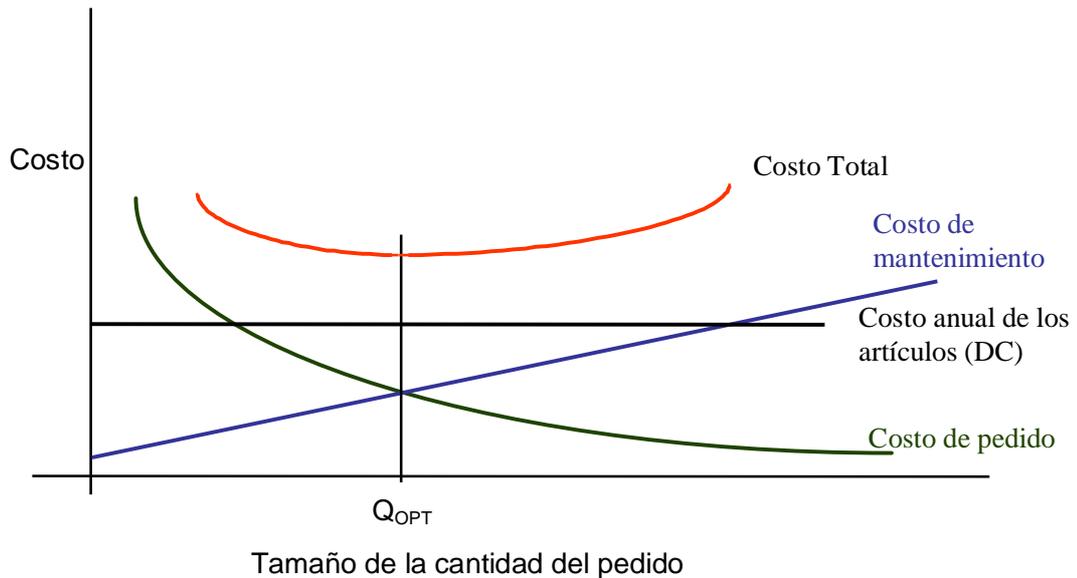
L = Tiempo de entrega

Los costos básicos

Dentro de los costos que se deben tener en cuenta para la implementación de este modelo están:

- 1.- **Costos de pedido:** es el costo de preparación de una orden de compra, procesamiento y la verificación contra entrega.
- 2.- **Costos de mantenimiento del inventario:** son los costos variables unitarios de mantener un artículo en el inventario por un período determinado.
- 3.- **Costos totales:** se determina en la suma del pedido y de los costos de mantenimiento del inventario.

Figura 11. Costos anuales de los productos basados en el tamaño de pedido



3.3.2.1 Cantidad Q óptima de pedido

Para encontrar esa cantidad del pedido Q_{opt} , en la cual el costo total es un mínimo se utiliza la fórmula:

$$Q_{OPT} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Donde: D = Demanda (anual)

S = Costo de preparación o costo de colocación de un pedido

H = Costo anual de mantenimiento y de almacenamiento por unidad de inventario promedio. ($H = i \times C$ donde i es el costo de mantenimiento porcentual y C es el costo por unidad)

3.3.2.2 Punto de pedido o de reorden R

El punto de reorden es el nivel de inventario que determina el momento en que se debe colocar una orden.

$$R = d \times L$$

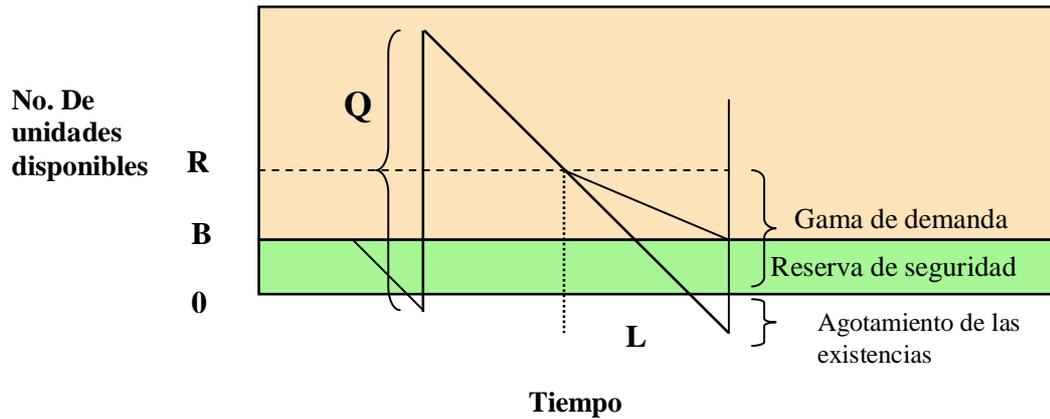
Donde: d = Demanda promedio diaria (constante)

L = Plazo de entrega en días (constante)

3.3.2.3 Modelo de cantidad fija de pedido con un nivel de servicio específico

Un sistema de cantidad fija de pedido monitorea de manera perpetua el nivel del inventario y coloca un nuevo pedido cuando las existencias alcanzan cierto nivel R . El peligro de un agotamiento de las existencias en este modelo se presenta únicamente durante el plazo que transcurre entre el momento en que se coloca el pedido y el momento en que éste se recibe. Tal como se indica en la figura 12, un pedido se coloca cuando la posición del inventario cae al punto de reorden R . Durante este plazo (L), se hace posible una gama de demandas, que están determinadas ya sea con base en los datos de la demanda pasada o en el cálculo (si los datos pasados no están disponibles).

Figura 12. Modelo de cantidad fija de pedido con un nivel de servicio específico



La cantidad de reserva de seguridad depende del nivel de servicio deseado. La cantidad que se debe ordenar, Q , se calcula de la manera usual considerando la demanda, el costo de los faltantes, el costo de los pedidos, el costo de mantenimiento, entre otros.

El punto del nuevo pedido se fija entonces para cubrir la demanda prevista durante el plazo más una reserva de seguridad determinada por el nivel de servicio deseado. La diferencia clave entre un modelo de cantidad fija de pedido en el cual la demanda se conoce, y uno en el cual la demanda es incierta, está en el cálculo del punto del nuevo pedido. La cantidad del pedido es la misma en ambos casos. El elemento incertidumbre se considera en la reserva de seguridad. El punto del nuevo pedido es el siguiente:

$$R = d L + Z \sigma_L$$

Donde: R = Punto del nuevo pedido en unidades

d = Demanda diaria promedio

L = Plazo en días (tiempo transcurrido entre el momento de colocar un pedido y el momento de recibir los artículos)

Z = Número de desviaciones típicas para un nivel de servicio específico

σ_L = Desviación estándar de utilización durante el plazo

El término $Z \sigma_L$ es el monto de la reserva de seguridad. Entre más grande sea la reserva de seguridad, más rápido se colocará el pedido. Para calcular la demanda diaria promedio, se suman las demandas diarias y se divide entre la cantidad de días sumados.

3.3.3 Modelo de período de tiempo fijo en el manejo de inventario de producto terminado

En un sistema de período de tiempo fijo, el inventario se cuenta sólo en determinados momentos, por ejemplo, cada semana o cada mes. Los modelos de períodos de tiempo fijo generan cantidades de pedidos que varían de período a período, dependiendo de las tasas de utilización. Éstas requieren, por lo general, una reserva de seguridad de mayor nivel que la del sistema de cantidad de pedidos fijos. La fórmula de este modelo es:

$$q = d (T + L) + z \sigma_{(T+L)} - I$$

Donde: q = Cantidad del pedido

D (T +L) = Demanda promedio diaria durante el período de vulnerabilidad

$z\sigma_{(T+L)}$ = Reserva de seguridad

I = Inventario disponible en el momento

Una vez que se coloca un nuevo pedido, este toma algún tiempo en llegar, para ello la reserva de seguridad debe proteger contra el agotamiento de las existencias durante el período de revisión, al igual que durante el plazo transcurrido entre el momento de la colocación del pedido y la recepción del mismo.

3.3.4 Sistema de reposición opcional en el manejo de insumos y material de empaque

Un sistema de reposición opcional conlleva la revisión del nivel del inventario con una frecuencia fija (por ejemplo, semanalmente) y ordena un suministro de reposición si el nivel ha caído por debajo de cierta cantidad. Por ejemplo, el nivel máximo de inventario (que se llamará M) puede calcularse con base en la demanda, los costos de los pedidos y los costos de los faltantes. Dado que colocar un pedido requiere tiempo y dinero, se puede establecer un tamaño de pedido mínimo Q. Luego, cuando quiera que se revise este artículo, la posición del inventario (que se llamará I) se resta del nivel de reposición (M). Si ese número (que se llamará q) es igual o superior a Q, se puede ordenar q. De otra manera, hay que olvidarse de ello hasta la próxima revisión. Formalmente,

$$q = M - I$$

Si $q \geq Q$, ordene q. De otra manera, no se ordena ningún artículo.

4.- IMPLEMENTACIÓN EN PLANTA DE LAS PROPUESTAS DEL PLAN TOTAL DE LAS OPERACIONES

4.1 Proyección a futuro de la materia prima e insumos

En este capítulo se aplican las propuestas para hacer las proyecciones a futuro de materia prima y material de empaque, por medio de los métodos de promedio móvil ponderado, ajuste exponencial y proyección enfocada. Los datos que se utilizan para realizar los cálculos de las proyecciones, a partir de abril 2005, son del año 2004 y los datos hasta septiembre del 2005.

Existen 3 parámetros que se pueden utilizar para determinar el valor de las proyecciones de materia prima en un período determinado: las diluciones realizadas en planta, los ingresos a planta de materia prima (producto al 70%) y los despachos realizados a clientes desde la planta. Este último es el que mejor aproximación da para el cálculo de los valores de proyección de producto, representa las salidas reales de producto desde la planta y es el indicador más exacto del producto consumido en un período de tiempo.

Para los materiales de empaque: bidones, tapas y etiquetas, el cálculo de las proyecciones se realiza en base a los consumos (en unidades) realizados por el llenado bidones nuevos, reciclados y de cipax para el año 2004 y hasta el tercer trimestre del año 2005. El parámetro de las unidades llenadas da un valor más preciso de los consumos de materiales de empaque, incluye lo que se despachó más lo que quedó como inventario de producto terminado al final de un período determinado.

La tabla XII muestra los valores de las ventas totales de producto en toneladas métricas como 100% para el año 2004 y parte del 2005. En la tabla XIII se puede observar la cantidad de unidades llenadas de bidones y de cipax para el mismo período de ventas.

Tabla XII. Ventas Totales de producto años 2004 y 2005

MES	VENTAS REALES AÑO 2004 (toneladas métricas 100%)	VENTAS REALES AÑO 2005 (toneladas métricas 100%)
Enero	242.907	356.295
Febrero	269.861	359.860
Marzo	278.015	303.431
Abril	286.706	392.485
Mayo	277.803	422.278
Junio	278.330	410.628
Julio	382.667	391.054
Agosto	334.620	405.297
Septiembre	408.827	328.941
Octubre	297.498	
Noviembre	396.655	
Diciembre	334.949	

Fuente: Historial de ventas realizadas en planta de Guatemala, años 2004 y 2005

Tabla XIII. Llenado total de bidones y cipax

	Llenado de bidón de 15 gls. (unidades)		Llenado de cipax de 800 litros (unidades)	
	2004	2005	2004	2005
Enero	1845	3581	115	118
Febrero	1987	3263	147	58
Marzo	1415	2273	155	89
Abril	1957	3352	159	85
Mayo	2442	3201	109	107
Junio	2491	4882	128	103
Julio	2965	4033	150	42
Agosto	2960	3827	105	85
Septiembre	4275	3112	131	49
Octubre	2361		41	
Noviembre	3963		85	
Diciembre	3311		86	

Fuente: Reporte mensual de consumos en planta años 2004 y 2005, Guatemala

El consumo total de bidones y de tapas se obtiene del llenado mensual total de bidones reciclados y nuevos. Se utiliza el consumo de ambos tipos de bidones porque es el consumo real de bidones que se consumen en un período de tiempo. El consumo de etiquetas es el resultado acumulado del llenado mensual de bidones y de cipax. La proyección de consumo del material de empaque se hace en función de la cantidad de unidades que se llenen mensualmente de cipax y de bidones.

4.1.1 Aplicación del modelo de promedio móvil ponderado

Para calcular la proyección a futuro de la demanda de materia prima se utiliza un período de 3 meses y la asignación de las ponderaciones es de la siguiente forma: para el mes más reciente el valor asignado es de 0.5, para el mes anterior 0.35 y el último mes 0.15. Estas mismas ponderaciones se utilizan para el material de empaque.

La proyección de consumo para la **materia prima** (peróxido de hidrógeno al 70%) según el método de promedio móvil ponderado es el siguiente (los datos se expresan en toneladas métricas como 100%):

$$\begin{aligned} P_{\text{abril}} &= 0.5 (303.431) + 0.35 (359.860) + 0.15 (356.295) = \mathbf{331.111} \\ P_{\text{mayo}} &= 0.5 (392.485) + 0.35 (303.431) + 0.15 (359.860) = \mathbf{356.422} \\ P_{\text{junio}} &= 0.5 (422.278) + 0.35 (392.485) + 0.15 (303.431) = \mathbf{394.023} \\ P_{\text{julio}} &= 0.5 (410.628) + 0.35 (422.278) + 0.15 (392.485) = \mathbf{411.984} \\ P_{\text{agosto}} &= 0.5 (391.054) + 0.35 (410.628) + 0.15 (422.278) = \mathbf{402.588} \\ P_{\text{sept.}} &= 0.5 (405.297) + 0.35 (391.054) + 0.15 (410.628) = \mathbf{401.112} \\ P_{\text{octub.}} &= 0.5 (328.941) + 0.35 (405.297) + 0.15 (391.054) = \mathbf{364.982} \end{aligned}$$

Para el consumo de bidones de 15 gls. la proyección es la siguiente:

$$\begin{aligned} P_{\text{abril}} &= 0.5 (2273) + 0.35 (3263) + 0.15 (3581) = \mathbf{2815} \\ P_{\text{mayo}} &= 0.5 (3352) + 0.35 (2273) + 0.15 (3263) = \mathbf{2961} \\ P_{\text{junio}} &= 0.5 (3201) + 0.35 (3352) + 0.15 (2273) = \mathbf{3115} \\ P_{\text{julio}} &= 0.5 (4882) + 0.35 (3201) + 0.15 (3352) = \mathbf{4064} \\ P_{\text{agosto}} &= 0.5 (4033) + 0.35 (4882) + 0.15 (3201) = \mathbf{4205} \\ P_{\text{sept.}} &= 0.5 (3827) + 0.35 (4033) + 0.15 (4882) = \mathbf{4057} \\ P_{\text{octub.}} &= 0.5 (3112) + 0.35 (3827) + 0.15 (4033) = \mathbf{3500} \end{aligned}$$

Los siguientes datos son resultado del cálculo de la proyección del llenado de cipax (en unidades):

$$P_{\text{abril}} = 0.5 (89) + 0.35 (58) + 0.15 (118) = \mathbf{82}$$

$$P_{\text{mayo}} = 0.5 (85) + 0.35 (89) + 0.15 (58) = \mathbf{82}$$

$$P_{\text{junio}} = 0.5 (107) + 0.35 (85) + 0.15 (89) = \mathbf{97}$$

$$P_{\text{julio}} = 0.5 (103) + 0.35 (107) + 0.15 (85) = \mathbf{102}$$

$$P_{\text{agosto}} = 0.5 (42) + 0.35 (103) + 0.15 (107) = \mathbf{73}$$

$$P_{\text{sept.}} = 0.5 (85) + 0.35 (42) + 0.15 (103) = \mathbf{72}$$

$$P_{\text{octub.}} = 0.5 (49) + 0.35 (85) + 0.15 (42) = \mathbf{61}$$

En la tabla XIV se presentan los resultados de la proyección de consumos para la materia prima, los bidones, las tapas para bidón y las etiquetas.

Tabla XIV. Proyección de consumo para materia prima y material de empaque (modelo promedio móvil ponderado)

Año 2005 mes	MATERIA PRIMA	BIDONES	TAPAS	ETIQUETAS
	Proyección (TM @ 100%)	Proyección (unidades)	Proyección (unidades)	Proyección (unidades)
abril	331.111	2815	2815	2897
mayo	356.422	2961	2961	3043
junio	394.023	3115	3115	3212
julio	411.984	4064	4064	4166
agosto	402.588	4205	4205	4278
septiembre	401.112	4057	4057	4129
octubre	364.982	3500	3500	3561

4.1.2 Aplicación del modelo de ajuste exponencial

Con los mismos valores de las tablas XII y XIII se realizan los nuevos cálculos para determinar la proyección de consumo de la materia prima y el material de empaque. Este modelo requiere de un factor adicional para el cálculo el cual se define más abajo y que se utilizará para todos los cálculos.

4.1.2.1 Determinación del valor de alfa (nivel de confiabilidad) para la determinación de la demanda.

Se estableció que para variaciones o errores significativos en las proyecciones se toma un valor de alfa (α) de 0.80 y para variaciones pequeñas el alfa (α) un valor de 0.20. En nuestro caso se está tomando un valor de alfa (α) de 0.25 de acuerdo al tipo de movimiento que presenta el producto en los meses presentados. La fórmula que utiliza este modelo es la siguiente:

$$P_t = P_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - P_{t-1})$$

Donde: P_t = La proyección de ajuste exponencial para el período t

P_{t-1} = La proyección de ajuste exponencial para el período anterior a t

D_{t-1} = La demanda real durante el periodo anterior a t

α = La constante de ajuste

t = Período de tiempo analizado

Los datos siguientes son el resultado del cálculo de la proyección para el consumo de materia prima. Debido a que este modelo requiere de una proyección anterior a la del mes de abril, ésta se realiza con el modelo promedio móvil ponderado y es el primer cálculo realizado en todas las series.

El cálculo de la proyección de materia prima es el siguiente:

$$\begin{aligned}P_{\text{marzo}} &= 0.50 (359.860) + 0.35 (356.295) + 0.15 (334.949) = \mathbf{354.875} \\P_{\text{abril}} &= 354.875 + 0.25 (303.431 - 354.875) = \mathbf{342.014} \\P_{\text{mayo}} &= 342.014 + 0.25 (392.485 - 342.014) = \mathbf{354.631} \\P_{\text{junio}} &= 354.631 + 0.25 (422.278 - 354.631) = \mathbf{371.542} \\P_{\text{julio}} &= 371.542 + 0.25 (410.628 - 371.542) = \mathbf{381.313} \\P_{\text{agosto}} &= 381.313 + 0.25 (391.054 - 381.313) = \mathbf{383.748} \\P_{\text{sept.}} &= 383.748 + 0.25 (405.297 - 383.748) = \mathbf{389.135} \\P_{\text{octub.}} &= 389.135 + 0.25 (328.941 - 389.135) = \mathbf{374.086}\end{aligned}$$

Los cálculos de la proyección del consumo de bidones es como sigue:

$$\begin{aligned}P_{\text{marzo}} &= 0.50 (3263) + 0.35 (3581) + 0.15 (3311) = \mathbf{3381} \\P_{\text{abril}} &= 3381 + 0.25 (2273 - 3381) = \mathbf{3104} \\P_{\text{mayo}} &= 3104 + 0.25 (3352 - 3104) = \mathbf{3166} \\P_{\text{junio}} &= 3166 + 0.25 (3201 - 3166) = \mathbf{3175} \\P_{\text{julio}} &= 3175 + 0.25 (4882 - 3175) = \mathbf{3602} \\P_{\text{agosto}} &= 3602 + 0.25 (4033 - 3602) = \mathbf{3710} \\P_{\text{sept.}} &= 3710 + 0.25 (3829 - 3710) = \mathbf{3740} \\P_{\text{octub.}} &= 3740 + 0.25 (3112 - 3740) = \mathbf{3583}\end{aligned}$$

Para determinar los valores de la proyección del consumo de etiquetas se utiliza la proyección del consumo de cipax y del consumo de bidones. A continuación la proyección de consumo para cipax.

$$P_{\text{marzo}} = 0.50 (58) + 0.35 (118) + 0.15 (86) = 83$$

$$P_{\text{abril}} = 83 + 0.25 (89 - 83) = 85$$

$$P_{\text{mayo}} = 85 + 0.25 (85 - 85) = 85$$

$$P_{\text{junio}} = 85 + 0.25 (107 - 85) = 91$$

$$P_{\text{julio}} = 91 + 0.25 (103 - 91) = 94$$

$$P_{\text{agosto}} = 94 + 0.25 (42 - 94) = 81$$

$$P_{\text{sept.}} = 81 + 0.25 (85 - 81) = 82$$

$$P_{\text{octub.}} = 82 + 0.25 (49 - 82) = 74$$

En la tabla XV se presentan los resultados finales de la proyección de consumos de materia prima, bidones, tapas y etiquetas. Adicionalmente se coloca el valor de las ventas totales para tener un parámetro de comparación.

Tabla XV. Proyección de consumo para materia prima y material de empaque, modelo ajuste exponencial

Año 2005 mes	MATERIA PRIMA	BIDONES	TAPAS	ETIQUETAS
	Proyección (TM @ 100%)	Proyección (unidades)	Proyección (unidades)	Proyección (unidades)
abril	342.014	3104	3104	3189
mayo	354.631	3166	3166	3251
junio	371.542	3175	3175	3266
julio	381.313	3602	3602	3696
agosto	383.748	3710	3710	3791
septiembre	389.135	3740	3740	3822
octubre	374.086	3583	3583	3657

4.1.3 Aplicación del modelo de proyección enfocada

Las 5 reglas de este modelo, que se aplican al cálculo de las proyecciones de materia prima y de material de empaque, son las mismas del capítulo 3, para recordarlas se mencionan a continuación:

Regla No. 1: la venta de los últimos tres meses, será lo que se venda en los próximos tres meses.

Regla No. 2: lo vendido en los mismos tres meses del año pasado, será lo que se venda en los mismos tres meses de este año.

Regla No. 3: Probablemente se venda 10% más en los próximos tres meses, de lo que se vendió en los últimos tres meses del mismo año.

Regla No. 4: Probablemente se venda 50% más durante los próximos tres meses de lo que se vendió en los mismos tres meses del año pasado.

Regla No. 5: Cualquier cambio de porcentaje presentado en los últimos tres meses del presente año, comparado con los mismos tres meses del año pasado, será probablemente el mismo cambio porcentual que se tendrá para los próximos tres meses del presente año.

En la determinación de las proyecciones para la materia prima y material de empaque se utilizan las siguientes tablas y la de materia prima es la mostrada en la tabla XVI. Primero se realiza un cálculo trimestral y únicamente para materia prima y posteriormente uno mensual para el resto de cálculos necesarios.

Tabla XVI. Proyección trimestral de materia prima, modelo proyección enfocada

Mes	Venta Real 2005 toneladas métricas 100%		Proyección de ventas toneladas métricas 100%				
	mensual	trimestral	Regla 1	Regla 2	Regla 3	Regla 4	Regla 5
Enero	356.295						
Febrero	359.860						
Marzo	303.431	1019.586	1029.102	790.783	1132.012	1186.174	1276.107
Abril	392.485		E=1.009	E=0.775	E=1.110	E=1.163	E=1.251
Mayo	422.278						
Junio	410.628	1225.391	1019.586	842.839	1121.544	1264.258	1086.703
Julio	391.054		E=0.832	E=0.687	E=0.915	E=1.031	E=0.886
Agosto	405.297						
Septiembre	328.941	1125.292	1225.391	1126.114	1347.930	1689.171	1637.240
			0.976	0.82	1.07	1.231	1.197

En la tabla XVI, se observan varios datos debajo de cada proyección, estos son el resultado del cálculo del error de la proyección con respecto a la venta real; en la última fila de la misma tabla se observan los valores promedio de los errores generados en este cálculo comparado con los valores de la venta real. De acuerdo a esos resultados las reglas utilizadas que generan el menor error en el cálculo de las proyecciones de materia prima son la regla No. 1 y la No.3. La regla No. 1 se descarta porque no considera ningún crecimiento en los consumos.

Para realizar una mejor proyección de la materia prima y los materiales de empaque se modifican las 5 reglas, pasando de un cálculo trimestral a un cálculo mensual. La proyección de las ventas utilizando una proyección mensual queda como se muestra en la tabla XVII.

Tabla XVII. Proyección mensual de materia prima, modelo proyección enfocada

Mes	Venta Real 2005 TM @ 100%		Proyección de ventas TM @ 100%				
	Mensual	trimestral	Regla 1	Regla 2	Regla 3	Regla 4	Regla 5
Enero	356.295		334.949	242.907	368.444	364.360	461.761
Febrero	359.860		356.295	269.861	391.925	404.791	395.831
Marzo	303.431	1019.586	359.860	278.015	395.846	417.022	370.733
Abril	392.485		303.431	286.706	333.774	430.059	312.916
Mayo	422.278		392.485	277.803	431.733	416.704	380.297
Junio	410.628	1225.391	422.278	278.330	464.506	417.495	423.079
Julio	391.054		410.628	382.667	451.690	574.000	564.560
Agosto	405.297		391.054	334.620	430.159	501.930	341.954
Septiembre	328.941	1125.292	405.297	408.827	445.826	613.240	495.178

De acuerdo al resultado obtenido en la tabla XVII, la regla que se aplicaría para el cálculo de la proyección para materia prima será la No. 3. La proyección de consumo de bidones se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. Proyección mensual bidones, modelo proyección enfocada

Mes	Consumo Real 2005 (Unidades)		Proyección de consumo 2005 (unidades)				
	mensual	trimestral	Regla No.1	Regla No. 2	Regla No. 3	Regla No. 4	Regla No. 5
Enero	3581		3311	1845	3642	2767	4215
Febrero	3263		3581	1987	3939	2980	3856
Marzo	2273		3263	1415	3589	2121	2323
Abril	3352		2273	1957	2500	2935	3143
Mayo	3201		3352	2442	3678	3663	4182
Junio	4882		3201	2491	3521	3736	3265
Julio	4033		4882	2965	5370	4447	5812
Agosto	3827		4033	2960	4436	4440	4026
Septiembre	3112		3827	4275	4210	6412	5527

Como resultado de los cálculos de la tabla anterior, la regla que mejor se puede aplicar al cálculo del consumo de bidones es nuevamente la número tres, pues aunque presenta ciertas variaciones en los resultados de la proyección con respecto al consumo real es la que menor variación presenta.

En la tabla XIX se muestran los resultados de aplicar las 5 reglas del modelo de proyección enfocada al cálculo del consumo de cipax para el cálculo del consumo de etiquetas.

Tabla XIX. Proyección mensual cipax, modelo proyección enfocada

Mes	Consumo Real 2005 (Unidades)		Proyección de consumo 2005 (unidades)				
	mensual	trimestral	Regla No.1	Regla No. 2	Regla No. 3	Regla No. 4	Regla No. 5
Enero	118		86	115	95	172	84
Febrero	58		118	147	130	220	150
Marzo	89	265	58	155	64	232	61
Abril	85		89	159	98	238	91
Mayo	107		85	109	93	164	58
Junio	103	295	107	128	118	192	125
Julio	42		103	150	113	225	121
Agosto	85		42	105	46	158	29
Septiembre	49	176	85	131	93	196	106

De los resultados de la tabla anterior, seleccionamos la regla No. 3 para determinar el cálculo de la demanda de cipax, estos datos ayudarán a completar la proyección de etiquetas a consumir para un determinado período de tiempo.

En este modelo se seleccionó la misma regla para el cálculo de la materia prima y el material de empaque, ahora es necesario elaborar una tabla para colocar los datos obtenidos en las tablas de este modelo y comparar con los valores reales. La tabla XX muestra un resumen de estos datos.

Tabla XX. Proyección de consumo para materia prima y material de empaque, modelo proyección enfocada

Año 2005 mes	MATERIA PRIMA	BIDONES	TAPAS	ETIQUETAS
	Proyección (toneladas métricas 100%)	Proyección (unidades)	Proyección (unidades)	Proyección (unidades)
Abril	333.774	2500	2500	2598
Mayo	431.733	3678	3678	3771
Junio	464.506	3521	3521	3639
Julio	451.690	5370	5370	5483
Agosto	430.159	4436	4436	4482
Septiembre	445.826	4210	4210	4303

Completadas las proyecciones y seleccionados los modelos utilizados en las proyecciones, se elaboran los cuadros comparativos para cada producto donde se indica el resultado obtenido por cada modelo de proyección y se determina el error en el cálculo con respecto a los datos reales y luego se obtiene un promedio de esos errores. La idea es obtener un modelo que nos genere el menor error en la determinación de las proyecciones.

Por ejemplo, en la tabla XXI se muestran los valores de las proyecciones realizadas por los 3 modelos para los meses de abril a septiembre únicamente para materia prima. Posteriormente en otras tablas similares se muestran los resultados para bidones y para tapas. Para las etiquetas la proyección es resultado de la suma de los consumos de bidones y de cipax. En la siguiente tabla se muestran los resultados para la materia prima.

Tabla XXI. Resultado de aplicar los 3 modelos de proyección al cálculo de materia prima

Mes	Venta real	PMP	error	Ajuste exp.	error	Proy. Enfoc. (regla 3)	error
Abril	392.485	331.111	15.6%	342.014	12.9%	333.774	15.0%
Mayo	422.278	356.422	15.6%	354.631	16.0%	431.733	2.2%
Junio	410.628	394.023	4.0%	371.542	9.5%	464.505	13.1%
Julio	391.054	411.984	5.4%	381.313	2.5%	451.691	15.5%
Agosto	405.297	402.588	0.7%	383.748	5.3%	430.159	6.1%
Septiembre	328.941	401.112	21.9%	389.135	18.3%	445.826	35.5%
Octubre		364.982		374.086		361.835	
Promedio general de error			10.5%		10.8%		14.6%

Datos en toneladas métricas de producto como 100%

Definitivamente, analizando los datos de la tabla anterior podemos observar que el modelo que presenta los datos más cercanos a las ventas reales es el modelo de promedio móvil ponderado, su error es el menor aunque el modelo de ajuste exponencial no está tan lejos también.

En la tabla XXII se presentan los datos para el cálculo de la proyección de bidones y tapas, ya que su consumo es el mismo. De los resultados obtenidos en la comparación con los consumos reales, los modelos que mejor comportamiento tienen son el modelo de ajuste exponencial y el modelo promedio móvil ponderado. La proyección de tapas para bidones es igual que el consumo de bidones por lo que no se realizó ningún cuadro para determinar su consumo.

Tabla XXII. Resultado de la aplicación de los 3 modelos de proyección al cálculo de bidones

Mes	consumo real	PMP	error	Ajuste exp.	error	Proy. Enfoc. (regla 3)	error
Abril	3352	2815	16.0%	3104	7.4%	2500	25.4%
Mayo	3201	2961	7.5%	3166	1.1%	3678	14.9%
Junio	2491	3115	25.1%	3175	27.5%	3521	41.3%
Julio	4033	4064	0.8%	3602	10.7%	5370	33.2%
Agosto	3827	4205	9.9%	3710	3.1%	4436	15.9%
Septiembre	3112	4057	30.4%	3740	20.2%	4210	35.3%
Octubre		3500		3583		361.835	
Promedio general de error			14.9%		11.6%		27.7%

Datos en unidades.

La tabla XXIII nos muestra los resultados de la aplicación de los modelos de proyección para el cálculo de etiqueta. El consumo total de etiqueta, como se ha mencionado, depende del consumo de bidones y de cipax, de los cuales se realizó también la proyección por los tres modelos. En esta tabla observamos que el modelo que mejor representa, o se ajusta a los valores reales, es la de ajuste exponencial, con el valor de error más pequeño.

Tabla XXIII. Resultado de la aplicación de los 3 modelos de proyección al cálculo de etiqueta

Mes	consumo real	PMP	error	Ajuste exp.	error	Proy. Enfoc. (regla 3)	error
Abril	3437	2897	15.7%	3189	7.2%	2598	24.4%
Mayo	3308	3043	8.0%	3251	1.7%	3771	14.0%
Junio	4985	3212	35.6%	3266	34.5%	3639	27.0%
Julio	4075	4166	2.2%	3696	9.3%	5483	34.6%
Agosto	3912	4278	9.4%	3791	3.1%	4482	14.6%
Septiembre	3161	4129	30.6%	3822	20.9%	4303	36.1%
Octubre		3561		3657			
Promedio general de error			16.9%		12.8%		25.1%

El modelo de proyección que debe seleccionarse para la determinación de los cálculos de materia prima, insumos y material de empaque para los procesos de producción de la planta de dilución, es de **ajuste exponencial**. Este modelo ha mostrado ser el que mejor se ha ajustado al comportamiento real de la demanda. Quizás algo que debiera corregirse para poder obtener una proyección más precisa sea modificar el valor de la constante de ajuste alfa (α), por un valor más grande. Un valor más alto de la constante hace que la proyección esté más cercana a la demanda real. Otra forma de acercarnos más a la demanda real con este modelo es establecer un factor de tendencia que reduce el impacto del error que se presenta entre la realidad y la proyección. Este factor se denomina **constante de ajuste delta (δ)**.

4.2 Planeación total de la producción

Para realizar los planes de producción de la planta de dilución, debemos conocer en primer lugar los requerimientos de producción para cada producto y elaborar así una estrategia adecuada para la producción. Debemos conocer nuestra capacidad física actual, la fuerza laboral con que se cuenta y las actividades que son requeridas para el proceso de producción.

Con respecto a la capacidad de almacenamiento, actualmente la planta puede almacenar 160 m³ de producto al 70% en tanques, 120 m³ de producto al 50% en tanques, más el producto a granel que se puede almacenar en el área de racks y que se puede distribuir de las siguientes maneras: sólo bidones (80 toneladas métricas), bidones y cipax (60 toneladas métricas) que es la más recomendable en estos momentos, o solamente almacenar cipax (138 toneladas métricas) que no es lo más recomendable para la empresa.

Al hablar de personal operativo, la planta cuenta actualmente con 4 personas, con un salario promedio mensual de Q. 1,950.00. El costo por cada hora laborada es de Q. 8.12 y el costo de cada hora extra es Q. 12.19.

En la tabla XXIV se muestran los requerimientos de llenado para el semestre proyectado de abril a septiembre. En la tabla XXV se presentan los diversos costos generados de la aplicación de las estrategias y en la tabla XXVI se muestran los valores de inventario inicial e inventario de seguridad considerados para la operación de la planta.

Para la proyección de llenado de isotanques se utilizaron los datos históricos de llenado de la planta y se realizó el cálculo de la proyección por medio del modelo de ajuste exponencial, estos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. Demanda de llenado y días de trabajo

	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
Proyección llenado de bidón (unidades)	3104	3166	3175	3602	3710	3740	16757
Proyección llenado de cipax (unidades)	85	85	91	94	81	82	436
Proyección llenado de isotanques (unidades)	21	22	23	22	23	23	134
Días de trabajo	20	21	21	22	22	21	127

Tabla XXV. Costos y tiempos requeridos de operación

Costos	bidón	Cipax	isotankue
Materiales (por unidad)	Q56.00	Q3.00	Q5.00
Costo de mantenimiento de inventario (unidad/mes)	Q1.14	Q3.25	Q0.00
Costo de contratación y capacitación	Q3,250.00		
Costo de despido	Q3,750.00		
Costo por hora de trabajo	Q8.12		
Costo de hora extra (1.5 tiempo normal)	Q12.19		
Tiempo requerido por unidad (min.)	1.8	15	60

Los costos de materiales que se muestran en la tabla XXV se componen básicamente de la siguiente forma: para los bidones el costo se compone de envase, tapa y etiqueta. El costo de los cipax y de los isotanques es básicamente etiquetas de identificación. Los tiempos requeridos por unidad abarcan desde que se prepara el envase para el llenado hasta que el envase ha quedado listo para su despacho o almacenaje.

Tabla XXVI. Inventarios iniciales y de seguridad

Inventarios	
Inventario inicial bidón	0 unidades
Inventario inicial cipax	0 unidades
reserva de seguridad bidón	652 unidades
reserva de seguridad cipax	21 unidades

El inventario de seguridad, o reserva, es la cantidad de unidades que debieran de existir siempre en stock para cubrir cualquier emergencia o demanda mayor de las ventas. Los 652 envases de bidón corresponden a 2 lotes de bidones de 20 toneladas cada lote y los 21 cipax corresponden a 1 lote de producto. Por lo regular se consideran lotes de producto porque son las cantidades que se manejan para despacho a los clientes.

4.2.1 Estrategias para la Planeación de la producción

Las 3 estrategias (Chase, fuerza laboral estable - horas de trabajo variables y la estrategia nivelada), requerirán de los datos mostrados en las tablas XXIV, XXV y XXVI para su aplicación.

Debido a que son 3 las presentaciones que se manejan en el llenado de la planta, es necesario que se elaboren una o varias tablas para cada estrategia donde se incluyan las tres presentaciones del producto que se llenan en planta: bidones, cipax e isotanques. La planeación de bidones es la que mayor tiempo implica porque tiene más tareas por realizar, consume mayor cantidad de tiempo y de insumos. Sin embargo el consumo de isotanques es bastante reducido en cantidad aunque en volumen representa más del 50% de las ventas totales mensuales. Las siguientes tablas muestran los requisitos para la aplicación de las 3 estrategias.

Tabla XXVII. Requisitos para la planeación de bidones

	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
Inventario inicial	0	652	652	652	652	652	3260
Proyección de la demanda	3104	3166	3175	3602	3710	3740	20497
Reserva de seguridad	652	652	652	652	652	652	3912
Requerimiento de la producción (Proy. De la demanda + reserva de seguridad - inv. Inicial)	3756	3166	3175	3602	3710	3740	21149
Inventario final (Inv. Inicial + requerimiento de la prod. - proy. De la demanda)	652	652	652	652	652	652	3912

Tabla XXVIII. Requisitos para la planeación de cipax

	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
Inventario inicial	0	21	21	21	21	21	105
Proyección de la demanda	85	85	91	94	81	82	518
Reserva de seguridad	21	21	21	21	21	21	126
Requerimiento de la producción (Proy. De la demanda + reserva de seguridad - inv. Inicial)	106	85	91	94	81	82	539
Inventario final (Inv. Inicial + requerimiento de la prod. - proy. De la demanda)	21	21	21	21	21	21	126

Tabla XXIX. Requisitos para la planeación de isotanques

	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
Inventario inicial	0	0	0	0	0	0	0
Proyección de la demanda	21	22	23	22	23	23	134
Reserva de seguridad	0	0	0	0	0	0	0
Requerimiento de la producción (Proy. De la demanda + reserva de seguridad - inv. Inicial)	21	22	23	22	23	23	134
Inventario final (Inv. Inicial + requerimiento de la prod. - proy. De la demanda)	0	0	0	0	0	0	0

Con los datos de las tablas anteriores, se puede proceder a desarrollar las estrategias para determinar el mejor plan de producción. La estrategia de Chase es la primera que se analiza.

4.2.1.1 Aplicación de la estrategia de Chase

La estrategia de Chase iguala la tasa de producción con la tasa de la demanda mediante la contratación de personal adicional para poder cumplir con dicha demanda si así lo requiriera.

En la tabla XXX se presenta la tabla con los datos y cálculos necesarios para determinar el costo de dicha estrategia de Chase.

Tabla XXX. Aplicación de la estrategia de Chase

	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
Requerimiento de prod.bidón	3756	3166	3175	3602	3710	3740	21149
horas de producción requeridas	112.7	95.0	95.3	108.1	111.3	112.2	634.5
Requerimiento de prod. Cipax	106	85	91	94	81	82	539
horas de producción requeridas	26.5	21.3	22.8	23.5	20.3	20.5	134.8
Requerimiento de prod. Isotanques	21	22	23	22	23	23	134
horas de producción requeridas	21.0	22.0	23.0	22.0	23.0	23.0	134
Total horas de prod. Requeridas	160.2	138.2	141.0	153.6	154.6	155.7	903.2
Días de trabajo/mes	20	21	21	22	22	21	127
horas por mes por trabajador	160	168	168	176	176	168	1016
trabajadores requeridos	1	1	1	1	1	1	
trabajadores nuevos contratados	0	0	0	0	0	0	0
Costo de contratación (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
trabajadores despedidos	0	0	0	0	0	0	0
Costo de los despidos (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo del tiempo directo (Q)	1300.66	1122.43	1144.92	1246.91	1254.95	1264.28	7334.15
Total estrategia							7334.15

4.2.1.1.1 Análisis de los costos de implementación de la estrategia de Chase

En esta estrategia no hay costos adicionales a los del tiempo directo, tales como: de contratación o de despido de personas, ya que el tiempo requerido para las operaciones no sobrepasa del disponible en cada mes. De acuerdo a la tabla XXX, observamos que el único costo que se genera es el de tiempo directo de contratación del personal fijo. El excedente de tiempo libre de la planta es natural pues estamos analizando las tres tareas principales de llenado que se realizan en planta. Para determinar si el tiempo utilizado es suficiente, hubiera sido necesario analizar todas las operaciones de planta, lo cual sería bastante complejo por el tipo de algunas de las actividades que se realizan. El costo total, que se generó en la operación de la planta para las actividades de preparación y llenado de bidones, cipax e isotanques, fue de Q. 7334.15 y no se incurrió en costos adicionales de ningún tipo.

4.2.1.2 Aplicación de la estrategia de fuerza laboral estable – horas de trabajo variables.

Esta estrategia permite utilizar tiempo extra para completar los pedidos pendientes de acuerdo a los requerimientos de producción. En esta estrategia no existe contratación de personal temporal, al personal existente se le asigna trabajo fuera de su horario normal para cumplir con la demanda proyectada. En la tabla XXXI se muestran por separado los tiempos requeridos para producir cada una de las presentaciones y al final un cuadro donde se determinan los costos involucrados con esta estrategia. Esta tabla se muestra en varias partes para facilitar la interpretación y aplicación de esta estrategia, sobre todo porque tenemos tres presentaciones de producto dentro del análisis de la estrategia.

Tabla XXXI. Aplicación de la estrategia de fuerza laboral estable – horas de trabajo variable

bidón	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre
inventario inicial	0	652	652	652	652	652
Días de trabajo/mes	20	21	21	22	22	21
Horas de produc. Disponibles	640	672	672	704	704	672
Requerimiento de la producción	3756	3166	3175	3602	3710	3740
Horas de produc. Requeridas	112.7	95.0	95.3	108.1	111.3	112.2

cipax	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre
inventario inicial	0	21	21	21	21	21
Días de trabajo/mes	16.5	18.0	18.0	18.6	18.5	17.5
Horas de produc. Disponibles	527.3	577.0	576.8	595.9	592.7	559.8
Requerimiento de la producción	106	85	91	94	81	82
Horas de produc. Requeridas	26.5	21.3	22.8	23.5	20.3	20.5

isotanque	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre
inventario inicial	0	0	0	0	0	0
Días de trabajo/mes	15.7	17.4	17.3	17.9	17.9	16.9
Horas de produc. Disponibles	500.8	555.8	554.0	572.4	572.5	539.3
Requerimiento de la producción	21	22	23	22	23	23
Horas de produc. Requeridas	21	22	23	22	23	23

total	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
días de trabajo/mes	20	21	21	22	22	21	127
Horas de produc. Disponibles	640	672	672	704	704	672	4064
Total horas de prod. Requeridas	160.2	138.2	141.0	153.6	154.6	155.7	903
Total horas disponibles	479.8	533.8	531.0	550.4	549.5	516.3	3160.8
Tiempo extra requerido	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Costo del tiempo extra (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Costo de mantenimiento del inventario (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Costo del tiempo directo (Q)	1300.66	1122.43	1144.92	1246.91	1254.95	1264.28	7334.15
Costo total de la estrategia (Q)							7334.15

En la tabla XXXI, se muestra un cálculo para bidones, uno para cipax, otro para isotanques y la última parte que es el total. Para cada tabla después de la de bidones, al tiempo disponible de cada presentación se le descuenta el tiempo utilizado en la presentación de producto anterior y tenemos así el tiempo disponible real para iniciar con la presentación deseada. Al final se calcula el costo total de aplicación determinando si se incurrió en tiempo extra adicional para completar esta estrategia. Como se observa en el resultado final del cálculo de esta estrategia, el resultado es igual al de la estrategia de Chase.

4.2.1.2.1 Análisis de los costos de implementación de la estrategia de fuerza laboral estable – horas de trabajo variables.

Esta estrategia generó el mismo valor que la de Chase, debido a que en ambas estrategias no se incurrió en ningún costo adicional sino que solamente el de la mano de obra directa. Esta estrategia permite el pago de horas extras si fuera necesario para completar la producción, en nuestro caso la operación de la planta no requiere de este tiempo extra para producción. Sin embargo, si se hubieran considerado de forma global las tareas de la planta, es posible que se necesite algunas veces algún tiempo extra.

4.2.1.3 Aplicación de la estrategia nivelada.

La estrategia nivelada permite tener una producción estable, esto podría generar que en algunos períodos exista un excedente en nuestro producto que podría consumirse con los niveles de demanda de períodos posteriores. Permite el pago de horas extras cuando los niveles de demanda sean altos y así lo requieran, sin embargo habrá épocas en que no sean necesarias dichas horas extras. El tener un excedente en la producción generará algunos costos por el mantenimiento de inventario de producto.

La estrategia nivelada pareciera ser la mejor para aplicar en la planta en estudio, aunque la estrategia de fuerza laboral fija y horas de trabajo variable son las alternativas a considerar si sus costos son considerablemente bajos. Esto lo revisaremos al momento de aplicar los términos a la operación de la planta.

En las siguientes tablas se presenta la aplicación práctica de la estrategia nivelada a la operación de la planta, son varias tablas pues se elaboró una para cada presentación, de manera que cada presentación tiene sus costos de implementación. Al final se presenta la tabla final con el costo total de implementación de la estrategia en análisis.

Tabla XXXII. Aplicación de la estrategia nivelada a los bidones

Bidón	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
inventario inicial	0	421	780	1130	1053	868	
Días de trabajo/mes	20	21	21	22	22	21	
Horas de produc. Disponibles	640	672	672	704	704	672	4064
Producción real	3525	3525	3525	3525	3525	3525	21150
Proy. De la demanda	3104	3166	3175	3602	3710	3740	20497
Inventario final (Inv. Inicial + produc. Real - proy. De la demanda)	421	780	1130	1053	868	653	
Horas de producción requeridas	105.8	105.8	105.8	105.8	105.75	105.8	634.5
Tiempo extra requerido (horas)	0	0	0	0	0	0	0
Costo total de producir faltantes (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Unidades sobrantes (Inv. Final - reserva de seguridad)	-231	128	478	401	216	1	
Costo de mantenimiento del inventario (Q)	0	145.92	544.92	457.14	246.24	1.14	1395.36
Costo del tiempo directo (Q)	858.69	858.69	858.69	858.69	858.69	858.69	5152.14
Costo total de la estrategia para bidones (Q)							6547.50

La siguiente tabla es específica para las operaciones realizadas para el llenado de cipax.

Tabla XXXIII. Aplicación de la estrategia nivelada a los cipax

Cipax	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
inventario inicial	0	5	10	9	5	14	
días de trabajo/mes	17	18	18	19	19	18	
Horas de produc. Disponibles	534.3	566.3	566.3	598.3	598.3	566.3	3429.5
Producción real	90	90	90	90	90	90	540
Proy. De la demanda	85	85	91	94	81	82	518
Inventario final (Inv. Inicial + produc. Real - proy. De la demanda)	5	10	9	5	14	22	
Horas de producción requeridas	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	135
Tiempo extra requerido (horas)	0	0	0	0	0	0	0
Costo total de producir faltantes (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Unidades sobrantes (Inv. Final - reserva de seguridad)	-16	-11	-12	-16	-7	1	
Costo de mantenimiento del inventario (Q)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	3.25	3.25
Costo del tiempo directo (Q)	182.70	182.70	182.70	182.70	182.70	182.70	1096.20
Costo total de la estrategia para cipax (Q)							1099.45

La siguiente tabla ilustra el comportamiento para isotanques.

Tabla XXXIV. Aplicación de la estrategia nivelada a los isotanques

Isotanques	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
inventario inicial	0	1	0	0	1	0	
días de trabajo/mes	16	17	17	18	18	17	
Horas de produc. Disponibles	511.8	543.8	543.8	575.8	575.8	543.8	3294.5
Producción real	22	21	23	23	22	23	134
Proy. De la demanda	21	22	23	22	23	23	134
Inventario final (Inv. Inicial + produc. Real - proy. De la demanda)	1	0	0	1	0	0	
Horas de producción requeridas	22	21	23	23	22	23	134
Tiempo extra requerido (horas)	0	0	0	0	0	0	0
Costo total de producir faltantes (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Unidades sobrantes (Inv. Final - reserva de seguridad)	1	0	0	1	0	0	
Costo de mantenimiento del inventario (Q)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Costo del tiempo directo (Q)	178.64	170.5 2	186.76	186.76	178.64	186.76	1088.08
Costo total de la estrategia para isotanques (Q)							1088.08

Tabla XXXV. Resultado final de la aplicación de la estrategia nivelada

Total	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	TOTAL
Días de trabajo/mes	20	21	21	22	22	21	
Horas de produc. Disponibles	640	672	672	704	704	672	4064
Total horas de prod. Requeridas	150	149	151	151	150	151	904
Tiempo final disponible	490	523	521	553	554	521	3161
Tiempo extra requerido	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Costo del tiempo extra (Q)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Costo de mantenimiento del inventario (Q)	0.00	145.92	544.92	457.14	246.24	4.39	1398.61
Costo del tiempo directo (Q)	1220.03	1211.91	1228.15	1228.15	1220.03	1228.15	7336.42
Costo total de la estrategia (Q)							8735.03

4.2.1.2.1 Análisis de los costos de implementación de la estrategia nivelada.

De acuerdo a la estrategia nivelada, la producción de cada una de las presentaciones que se tienen en planta deberá tener una cantidad fija que deberá estar por encima de los valores de la proyección de la demanda, ese exceso de producción hace que se incurra en costos por mantenimiento de producto. El costo de la estrategia nivelada es un poco más alto que el costo de las otras dos estrategias debido al costo de mantenimiento del producto por el exceso de producción generado. En esta estrategia no se incurrió en costos de horas extras.

En el siguiente cuadro se muestran las distintas estrategias aplicadas a la operación de la planta, con sus respectivos costos.

Tabla XXXVI. Cuadro comparativo de los costos de las estrategias

Costos (Q.)	Estrategia de Chase	Estrategia fuerza laboral constante, horas de trabajo variables	Estrategia nivelada
Contratación	0	0	0
Despido	0	0	0
Mantenimiento de inventario	0	0	1398.61
Tiempo extra	0	0	0
Tiempo normal	7334.15	7334.15	7336.42
Costo total de la estrategia	7334.15	7334.15	8735.03

Las primeras dos estrategias únicamente generan costos por tiempo normal del personal, en la estrategia nivelada ya se incurre en un costo adicional que es el de mantenimiento de producto e inventario. Actualmente en la planta existe una estrategia podríamos decir que es MIXTA porque existen actividades que se realizan en planta que son realizadas por personal temporal subcontratado y otras que son hechas por personal de planta. Lo ideal sería mantener una estrategia donde la fuerza laboral sea fija y que se puedan realizar horas extras cuando la demanda de producto así lo requiera. Además sería importante definir si se sigue contratando a personal temporal para la realización de ciertos trabajos.

4.2.2 Programa maestro de producción

De acuerdo al cálculo de la proyección de la demanda para el producto que se estableció con anterioridad, al principio de cada mes podemos saber las cantidades de los materiales e insumos que requeriremos para todo el proceso de producción. Es indispensable contar con estos materiales para tener una producción continua y poder entregar a los clientes su producto en tiempo.

Junto con el programa maestro de producción, se estará preparando el plan de requerimiento de materiales (MRP), ya que del plan maestro se podrá determinar las cantidades de insumos y material de empaque que serán requeridos por cada lote de producción y cuándo deberán estar disponibles para su uso. La aplicación del programa maestro a la operación de la planta se realizará semanal y mensualmente. Semanalmente se revisarán los programas de producción ya que estos cambian semanalmente de acuerdo a la programación que envían los clientes de sus requerimientos, los materiales e insumos serán administrados de forma mensual (durante el inventario de fin de mes), ya que algunos de estos artículos requieren de un período prolongado de entrega de parte del proveedor.

De acuerdo a la producción de la planta, la aplicación del programa maestro será para las 3 presentaciones que se llenan en planta: bidones de 62 kilos, cipax de 960 kilos e isotanques de 20,000 kilos. Dentro de los bidones de 62 kilos vamos a establecer dos tipos: nuevos y reciclados. La mayor parte de los bidones despachados son reciclados.

De acuerdo a la tabla XXXVII, se muestra una planificación semanal para el trimestre de julio a septiembre para el consumo de envases de producto. Este sería nuestro preliminar programa maestro y de él se deriva el MRP que se revisará en el siguiente apartado.

Tabla XXXVII. Programa Maestro de producción

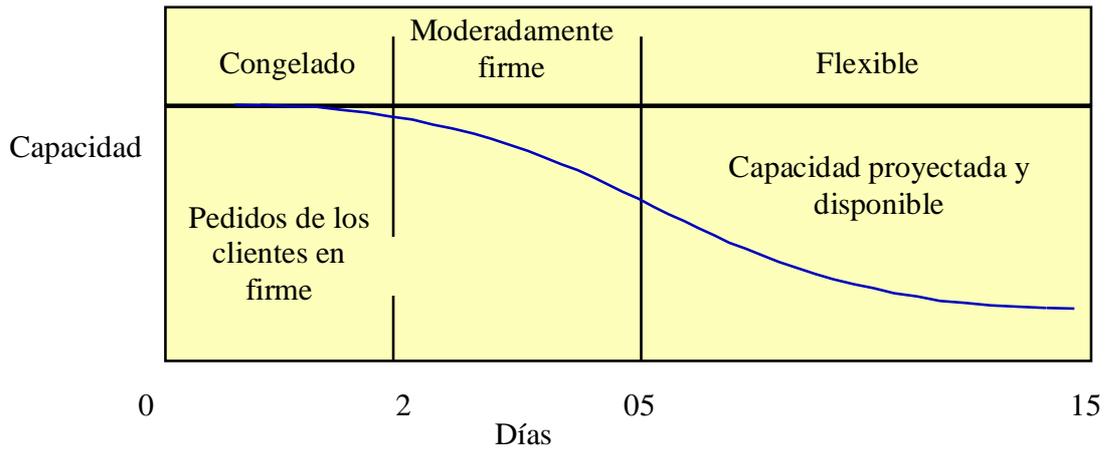
Mes	julio				agosto				septiembre					
semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	TOTAL
Envase														
Bidón 62 kg.	978	878	878	868	978	896	896	940	815	652	652	810	811	11052
cipax	24	21	23	26	21	24	18	18	15	18	15	16	18	257
isotanque	4	6	6	6	4	7	6	6	3	5	5	6	4	68

4.2.2.1 Aplicación de las guías de tiempo.

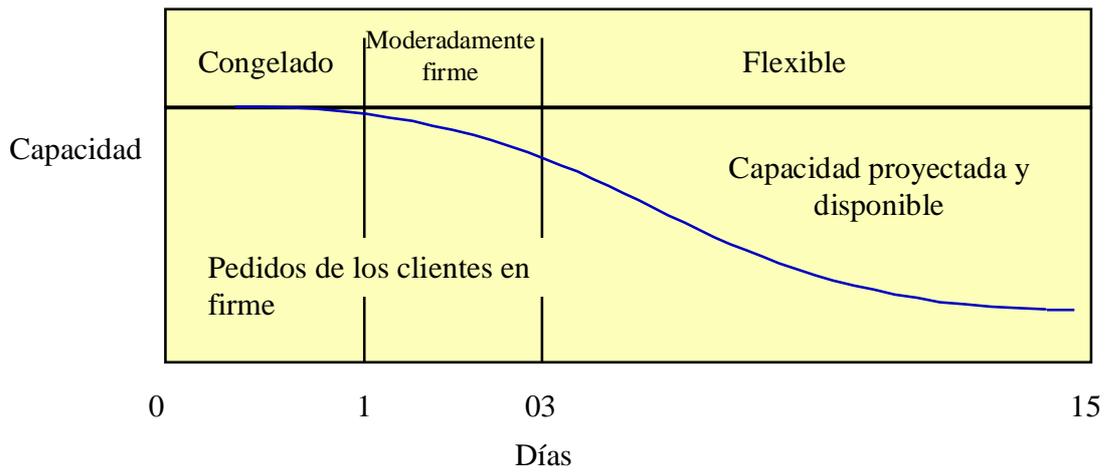
De acuerdo al tipo de producto y la disponibilidad en planta de producto, se deben establecer guías de tiempo hasta en un máximo de 15 días, teniendo como unidad de tiempo: el día. Se establece una guía de tiempo para cada país pues los tiempos de tránsito para los despachos de producto son distintos de un país a otro, los requisitos de aduana difieren también y eso hace que los tiempos para preparar los despachos no sean los mismos. En la figura 13 se presentan las guías de tiempo para los países de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua. Estas guías de tiempo indican los días que tiene un cliente para poder realizar cambios en sus pedidos o confirmarlos, de manera que la planta se organice y planifique con tiempo las entregas a los clientes.

Figura 13. Guías de tiempo para los países de Centroamérica

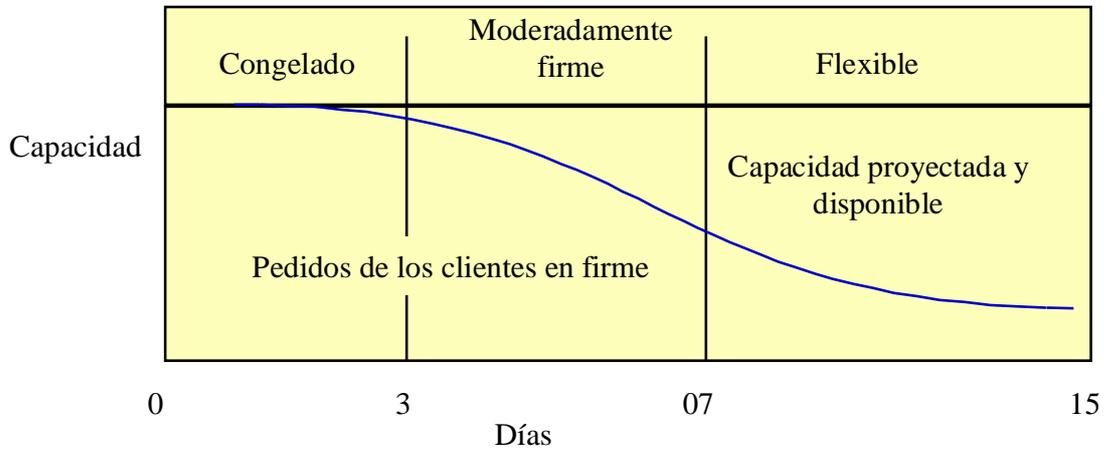
1.- Guía de tiempo para Honduras



2.- Guía de tiempo para Guatemala y El Salvador



3.- Guía de tiempo para Nicaragua



En las figuras anteriores podemos ver las diferentes escalas en que se divide la guía de tiempo para cada país. Todos tienen hasta 15 días en la escala, pero se reduce de acuerdo al país de que se trate. La escala “flexible” indica que el cliente puede realizar cualquier cambio en su pedido sin que eso afecte la disponibilidad de la planta o su proceso. En la escala “moderadamente firme” el cliente debe confirmar o demorar su orden de pedido, la escala de días disponibles para la confirmación es más pequeña. Para la parte de la escala denominada “congelado” el cliente no debería realizar ningún cambio, su pedido ya fue confirmado y la planta tiene dentro de su planificación la preparación de este pedido y su posterior despacho hacia el cliente.

4.3 Manejo de los inventarios de materia prima e insumos

Uno de los principales objetivos del manejo de los inventarios es el de proveer y distribuir los materiales necesarios para el proceso productivo de la empresa de manera adecuada en el momento indicado, permitiendo satisfacer las necesidades reales de la empresa con costos óptimos.

En el caso de la empresa en estudio, la disponibilidad de la materia prima es crítica, se maneja un solo producto y éste depende de la existencia de materia prima. La existencia de insumos también es importante para poder realizar los despachos en las presentaciones requeridas por los clientes. Para realizar un adecuado manejo de la materia prima y de los insumos se utilizará adicional al programa maestro, un plan de requerimiento de materiales (MRP, por sus siglas en inglés).

4.3.1 Planeación de los requerimientos de los materiales

El plan de requerimiento de materiales (MRP) tiene como objetivos principales: controlar los niveles de inventario y planificar la carga de los sistemas de producción.

Con el MRP se pretende organizar los materiales que son requeridos en determinado momento en el proceso de producción. Además se pueden organizar y controlar las entregas de materiales por parte de los proveedores, definiendo la cantidad exacta de unidades a recibir y la fecha de entrega. Antes de definir un MRP, se realiza una distribución de los insumos para cada presentación que se despacha a los clientes definiendo tipo de insumo y cantidad, tal y como se muestra en una tabla más abajo.

En la tabla XXXVIII se muestra la forma en que se distribuyen los insumos para cada presentación de producto. En ella se indica el tipo de insumo y la cantidad utilizada por cada lote de producto que se despacha de planta.

Tabla XXXVIII. Insumos requeridos por presentación

No.	Descripción del insumo	cantidad
Bidones		
1.	Bidón (nuevo o reciclado)	326
2.	Tapadera con venteo	326
3.	Etiqueta de identificación de producto	326
4.	Paletas plásticas para almacenaje	37
Cipax		
1.	Cipax	21
2.	Etiqueta de identificación de producto	21
Isotanque		
1.	Isotanque	1
2.	Etiqueta de identificación de producto	12

En la tabla siguiente se muestra una matriz de planeación de consumo de materiales sugerida para uso en la planta en estudio. Este plan es bastante completo y se trabaja para un año en base a las proyecciones realizadas con el modelo de ajuste exponencial.

Figura 14. Matriz de consumo de materiales

AÑO 2005

		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL
Venta proyectada bidones 62 kilos	T M 100%	98.084	98.146	98.425	111.662	115.010	115.94	637.267
	unidades	3164	3166	3175	3602	3710	3740	20557
Venta proyectada cipax 960 kilos	T M 100%	40.800	40.800	43.680	45.120	38.880	39.360	248.64
	unidades	85	85	91	94	81	82	518
BIDON	INVENTARIO INICIAL	1129	1025	2193	1419	1569	1168	
	CONSUMO REAL	975	971	2267	1487	1943	972	8615
	COMPRAS / INGRESOS	1000	2150	1500	1750	1550	2050	10000
	RECHAZO 0.5%	5	11	8	9	8	10	
	INVENTARIO FINAL	1149	2193	1419	1673	1168	2236	
NUEVO	INVENTARIO FINAL REAL	1025	2193	1419	1569	1168	2236	
BIDON	INVENTARIO INICIAL	1633	850	185	354	129	234	
	RECUPE-RACION	1540	1975	3054	1691	2231	1576	12067
	CONSUMO REAL	2310	2607	2608	1897	2104	1589	13115
	RECHAZO 1%	15	20	275	17	22	16	365
	INVENTARIO FINAL TEORICO	848	198	356	131	234	205	
RECI-CLADO	INVENTARIO FINAL REAL	850	185	354	129	234	210	
CIPAX	INVENTARIO INICIAL	23	30	13	28	39	35	
	RECUPE-RACION	92	90	118	66	79	101	546
	CONSUMO REAL	85	107	103	55	83	35	468
	DAÑADOS	12	12	17	27	21	16	
	INVENTARIO FINAL TEORICO	18	1	11	12	14	85	
	INVENTARIO FINAL REAL	18	1	11	12	14	85	
TAPAS	INVENTARIO INICIAL	14169	10889	7310	14325	10890	21780	
	CONSUMO REAL	3285	3578	4875	3384	4047	2561	21730
	COMPRA	0	0	12000	0	15000	0	27000
	RECHAZO 0.5%	0	0	60	50	75	0	185
	INVENTARIO FINAL TEORICO	10884	7311	14375	10891	21768	19219	
	INVENTARIO FINAL REAL	10889	7310	14325	10890	21780	19220	
ETIQUETAS	INVENTARIO INICIAL	3715	3389	2625	7498	3952	3727	
	CONSUMO REAL	3370	3685	4978	3439	4130	2596	22198
	COMPRA	3000	3000	10000	0	4000	6000	26000
	RECHAZO 0.5%	15	15	114	35	92	33	304
	INVENTARIO FINAL TEORICO	3330	2689	7533	4024	3730	7098	
	INVENTARIO FINAL REAL	3389	2625	7498	3952	3727	7000	

4.3.2 Aplicación del modelo de cantidad fija de pedido (EOQ) en el manejo de inventario de materia prima (producto al 70%)

Este modelo pretende establecer el momento preciso en que se debe poner una orden de compra a los proveedores para mantener cierto nivel de inventario de materia prima y saber qué cantidad pedir de acuerdo al nivel de demanda que se tiene. Como se sabe, la materia prima es utilizada para la dilución y posterior llenado de las presentaciones requeridas. Todo el producto que es diluido ya no forma parte de la materia prima porque cambia su concentración y se convierte en un producto semi-terminado. Por lo tanto materia prima será solo el producto a la concentración en peso de 70% y se llevará un inventario de seguridad de acuerdo a la capacidad de almacenamiento que se tenga en planta.

La demanda manejada es de tipo continua: los volúmenes pueden subir o bajar y mantener cierta tendencia de crecimiento, para prever cierto crecimiento en las exportaciones desde la zona franca, esto afecta en los niveles de inventario que deben manejarse pues se acortan las fechas de los pedidos debido a la baja capacidad de almacenamiento que se tiene en planta. Por lo regular, los tiempos de entrega de la materia prima, por parte de los proveedores, es de 3 a 4 semanas.

4.3.2.1 Determinación de la cantidad óptima de pedido (Q)

Para la determinación de la cantidad óptima de pedido (Q) debemos saber varios datos para aplicar la fórmula del modelo. El primer dato necesario es la demanda anual, que en esta aplicación se utiliza la demanda mensual calculada con la proyección del modelo ajuste exponencial.

De acuerdo a los datos que se tienen de la demanda de materia prima, de la tabla XV tenemos que para el semestre de abril a septiembre, la demanda de peróxido será de 2596.469 toneladas métricas 100%. Este dato lo multiplicaremos por dos para obtener un dato aproximado de la demanda anual (D), siendo esta de 5192.938 toneladas métricas 100%. El tiempo de entrega de uno de los proveedores de materia prima es de 12 días aproximadamente, este dato será el factor "L". El costo de pedido (S) es de Q.40.00 por pedido, mientras que el costo de mantenimiento por unidad es del 1% del costo del producto Q.31.92.

El valor de Q_{opt} lo calculamos en la siguiente fórmula con los datos anteriores:

$$Q_{OPT} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(5192.938)(40)}{31.92}} = \mathbf{114 \text{ toneladas métricas } 100\%}$$

4.3.2.2 Determinación del punto de pedido (R)

El punto de pedido indica en qué momento del inventario se debe realizar o poner el pedido de la cantidad "Q". El plazo que se maneja para la entrega de producto en días es de 12 días. La demanda diaria se obtiene dividiendo la demanda anual dentro de 365 días dando un resultado de 14.22 toneladas diarias. Entonces por la fórmula:

$$R = d \times L$$

Al sustituir los valores de d y L tenemos:

$$R = 14.22 \times 12 = \mathbf{170 \text{ toneladas métricas } 100\%}.$$

Ambos resultados Q_{opt} y R, indican que cuando se alcance un nivel en el inventario de 170 toneladas métricas 100% se debe colocar una orden de 114 toneladas métricas 100% de peróxido de hidrógeno.

El dato de R se debe analizar debido a que el nivel máximo de inventario de materia prima que se puede tener en planta es de 145 toneladas métricas 100%. La diferencia de 25 toneladas indica que hace falta espacio para almacenar esta diferencia. Este faltante puede compensarse con la instalación de dos isotanques adicionales o la instalación de tanques verticales pensando en una demanda a futuro más alta.

4.3.2.2 Aplicación del modelo de cantidad fija de pedido con un nivel de servicio específico

Para poder utilizar este modelo, debemos determinar el valor de Z y σ_L , para la fórmula: $R = dL + z \sigma_L$, donde:

- Z, es el número de desviaciones típicas para un nivel de servicio específico. Se obtiene de la tabla A anexo 1, encontrando primero E(z).

Donde:
$$E(z) = \frac{(1 - P) Q}{\sigma_L}$$

P = Nivel de servicio deseado

Q = Cantidad económica de pedido

- σ_L , es la desviación estándar de utilización durante el plazo, su valor se obtiene de la sumatoria de las desviaciones diarias (σ) en el tiempo en que se recibe un pedido.

El nivel de servicio deseado para la planta en estudio es de 98%, el valor de Q es de 114, que fue determinado de forma normal. El valor desconocido es σ_L . Este valor se obtuvo de la tabla siguiente, donde se calculan algunos valores tomando como base la demanda de los primeros doce días del mes de junio.

Tabla XXXIX. Cuadro para cálculo de la desviación estándar (σ)

	\bar{d}	d_i	$(\bar{d} - d_i)^2$	$\Sigma(\bar{d} - d_i)^2/12$
día 1	14.22	6.24	63.6804	
día 2	14.22	10.00	17.8084	
día 3	14.22	21.44	52.1284	
día 4	14.22	0.00	202.2084	
día 5	14.22	40.23	676.5201	
día 6	14.22	0.00	202.2084	
día 7	14.22	10.11	16.8921	
día 8	14.22	10.00	17.8084	
día 9	14.22	10.00	17.8084	
día 10	14.22	30.00	249.0084	
día 11	14.22	20.11	34.6921	
día 12	14.22	24.91	114.2761	
			1665.0396	138.7533

El valor de σ_L es el siguiente:

$$\sqrt{138.7533} = 11.78$$

A continuación se calcula el valor de E(z)

$$E(z) = \frac{(1-0.98) \times 114}{11.78} = 0.19$$

Encontrando el valor de z que corresponde al valor E(z) = 0.19 en la tabla A de los anexos es: z = 0.50.

Ahora se encuentra el valor R de la siguiente fórmula:

$$R = d \times L + z \sigma_L = 14.22 \times 12 + 0.5 \times 11.78 = 176.53$$

Este resultado indica que cuando el inventario caiga a 176.53 toneladas métricas 100%, se debe realizar un pedido de 114 toneladas métricas 100%. En comparación con el otro valor de R calculado anteriormente, el valor de inventario de seguridad que se tiene es 6.53 toneladas métricas 100% mayor.

4.3.3 Aplicación del modelo de período de tiempo fijo en el manejo de inventario de producto terminado.

Este modelo introduce un nuevo factor de revisión (T) que es el número de días entre revisiones de inventario los cuales deben ser fijos. Ahora el valor de E (z) se calcula con la fórmula:

$$E(z) = \frac{d T (1-P)}{\sigma_{T+L}}$$

La siguiente fórmula se utiliza para determinar el valor del nuevo pedido bajo este modelo,

$$q = d (T + L) + z \sigma_{(T+L)} - I$$

Donde: q = Cantidad que debe ordenarse

d = Demanda promedio diaria

T = Días transcurridos entre revisiones de inventarios

L = Período de entrega de pedidos

$z \sigma_{(T+L)}$ = Reserva de seguridad

I = Inventario disponible en el momento

Usando los mismos valores del modelo anterior, la demanda diaria (d) es de 14.22 toneladas métricas 100%, el nivel de servicio es 98%, las inspecciones de inventarios (T) serán semanales. El inventario inicial en esa fecha es I = 111.078 toneladas métricas 100%. Entonces el valor de σ_{T+L} se obtiene así:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(T+L) \sigma_d^2}$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{(7+12) \times 138.7533} = 51.34$$

$$E(z) = \frac{14.22 \times 7 \times (1-0.98)}{51.34} = 0.038$$

Con el valor de E(z) se busca el valor de z en la tabla A de los anexos, el valor es de z = 1.40. Sustituyendo los demás valores encontramos q.

$$q = 14.22 (7 + 12) + 1.40 \times 51.34 - 111.078 = 230.978 \text{ toneladas métricas 100\%}$$

De los datos de esta fórmula obtenemos la siguiente información:

- la demanda promedio del período de vulnerabilidad ($d(T+L)$) es 270.18 toneladas métricas 100%
- la reserva de seguridad ($z \sigma_{(T+L)}$) es de 71.876 toneladas métricas 100%
- para satisfacer el 98% de la demanda debemos ordenar 230.978 toneladas métricas 100%

4.3.4 Aplicación del sistema de reposición opcional en el manejo de insumos y material de empaque.

Se consideran insumos y material de empaque en la aplicación de este sistema: las tapas, las etiquetas y los envases de garrafas. En este sistema se debe considerar un nivel máximo de inventario que se denomina M , la lectura de inventario en un momento determinado de tiempo es q , el tamaño de pedido mínimo se denomina Q y está determinado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{iC}}$$

Donde i = % del costo anual de mantenimiento

C = Costo unitario

D = Demanda anual

S = Costo de colocar un pedido

El primer caso de aplicación para este modelo lo realizaremos con las tapas. De acuerdo a la figura 14 observamos que la demanda de bidones es de 20557 en 6 meses, para un año podríamos asumir una demanda del doble que sería entonces de 41114 unidades.

Las tapas tienen el mismo consumo que los bidones por lo que los datos necesarios para sustituir en la fórmula de arriba son:

Demanda anual (D) = 41114 unidades

Valor de colocación de un pedido (S) = Q. 75.00

Costo unitario (C) = Q. 6.536

i = 10 %

Si sustituimos valores para determinar Q para las tapas, tenemos:

$$Q = \sqrt{\frac{2(41114)(75)}{0.1(6.308)}} = 3126 \text{ unidades}$$

Los valores tanto para las tapas como para las etiquetas y bidones para el cálculo del tamaño mínimo de pedido se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XL. Valores para cálculo del tamaño mínimo de pedido (Q)

	Demanda (D)	Valor colocación pedido (S)	Costo Unitario C)	Porcentaje % (i)	Tamaño Pedido (Q)
Tapas	41114	Q.75.00	Q. 6.308	10	3126
Etiquetas	42150	Q.40.00	Q.0.56	10	7760
Bidones	41114	Q.55.00	Q.34.20	10	1150

El valor de Q para las etiquetas y los bidones se obtuvo al sustituir S, C, i y D en la fórmula para determinar Q, de la misma manera que se obtuvo el valor para las tapas.

En las tablas siguientes se muestran los valores semanales generados para el trimestre de julio a septiembre del 2005, del nivel máximo de inventario M, del valor del inventario I y del valor q dado por la diferencia entre M e I. De acuerdo a los resultados de medir esta diferencia entre M e I, se obtuvieron los resultados para realizar los pedidos y recibirlos en las fechas esperadas.

Tabla XLI. Valores finales del sistema de reposición opcional

TAPAS

mes	julio				agosto				septiembre			
semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Nivel máximo (M)	15000											
Inventario (I)	14005	13230	12455	11680	10905	10130	9355	8580	7805	10350	9575	8800
lectura (q)	995	1770	2545	3320	4095	4870	5645	6420	7195	4650	5425	6200
demanda (d)	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775	775
demanda acumulada	775	1550	2325	3100	3875	4650	5425	6200	6975	7750	8525	9300
Inv. Final	13230	12455	11680	10905	10130	9355	8580	7805	7030	9575	8800	8025
pedido	0	0	0	3320	0	0	0	0	0	4650	0	0
Ingreso	0	0	0	0	0	0	0	0	3320	0	0	0

ETIQUETAS

mes	julio				agosto				septiembre			
semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Nivel máximo (M)	15000											
Inventario (I)	7863	7073	6283	5493	4703	11913	11123	10333	9543	8753	7963	7173
lectura (q)	7137	7927	8717	9507	10297	3087	3877	4667	5457	6247	7037	7827
demanda (d)	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790
demanda acumulada	790	1580	2370	3160	3950	4740	5530	6320	7110	7900	8690	9480
Inv. Final	7073	6283	5493	4703	3913	11123	10333	9543	8753	7963	7173	6383
pedido	0	8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8000
Ingreso	0	0	0	0	8000	0	0	0	0	0	0	0

BIDONES

mes	julio				agosto				septiembre			
semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Nivel máximo (M)	3000											
Inventario (I)	1438	648	1358	2968	3678	2888	2098	1308	518	1228	2638	3248
lectura (q)	1562	2352	1642	32	-678	112	902	1692	2482	1772	362	-248
demanda (d)	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790
demanda acumulada	775	1565	2355	3145	3935	4725	5515	6305	7095	7885	8675	9465
Inv. Final	648	-142	568	2178	2888	2098	1308	518	-272	438	1848	2458
pedido	1500	2400	1500	0	0	0	0	1500	2200	1400	0	0
Ingreso	0	1500	2400	1500	0	0	0	0	1500	2200	1400	0

5.- CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS PROPUESTAS

Después del planteamiento de las propuestas es importante darle seguimiento a través de diversos métodos como formatos, procedimientos e instrucciones de trabajo, los cuales permitirán realizar evaluaciones del cumplimiento o no de las propuestas desarrolladas.

5.1 Procedimientos e instrucciones de trabajo para la implementación de las propuestas.

Un procedimiento es una instrucción detallada de cómo desarrollar ciertas actividades necesarias para completar determinadas tareas en especial. La instrucción de trabajo es una instrucción corta y precisa de cómo realizar una tarea específica. Estas dos herramientas son utilizadas para establecer la forma en que se deben de realizar las instrucciones para darle seguimiento a las propuestas planteadas anteriormente.

5.1.1 Cálculo de la demanda a futuro de materia prima.

El cálculo de la demanda se realizó por 3 métodos de análisis de series del tiempo para pronósticos, de los cuales se determinó al final de los análisis y cálculos que el modelo de ajuste exponencial es el indicado para las proyecciones de materia prima de la planta en estudio. A continuación se muestra el procedimiento para determinar la proyección a futuro de materia prima.

Procedimiento de operación	CÓDIGO:	PÁGINA:
	FECHA DE VIGENCIA:	
<i>Cálculo de la demanda a futuro de materia prima</i>		

1. Objetivo y alcance

Establecer el procedimiento para determinar los valores de la proyección a futuro del consumo de materia prima (peróxido de hidrógeno al 70%) por medio del método de análisis de las series de tiempo: proyección enfocada. Este procedimiento es aplicable a la planta ubicada en Amatitlán, que no produce y que consume peróxido de hidrógeno al 70% como materia prima para su proceso de dilución.

2. Responsabilidades

Es responsabilidad de la persona encargada de compras o de importaciones aplicar este procedimiento para determinar a futuro las cantidades de peróxido de hidrógeno a 70% que se deben comprar para mantener un nivel de inventario adecuado para cumplir con la demanda de producto al 50%.

3. Términos y definiciones

4. Requisitos

Se requieren 3 datos para aplicar el modelo de ajuste exponencial: la proyección más reciente del consumo de materia prima, el valor de la demanda real registrada en los períodos a determinar y el valor de la constante alfa (α).

4.1. Procedimiento

El procedimiento para determinar la proyección a futuro de materia prima es el siguiente:

1. Recopilar información de datos históricos anteriores al período a determinar.
2. Definir el valor de la constante de ajuste alfa (α) a utilizar para la proyección; para esta empresa se recomienda un alfa de 0.25.
3. Determinar la proyección anterior al período a analizar con el método promedio móvil ponderado utilizando los factores de 0.50, 0.35 y 0.15.
4. Utilizar la fórmula $P_t = P_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - P_{t-1})$ para el cálculo de los valores de los pronósticos para los períodos deseados.
5. Tabular los datos que resulten de los cálculos de la proyección para los distintos períodos.
6. Utilizar los datos obtenidos para realizar las compras de materia prima verificando los niveles de inventario que se manejen y los requerimientos del plan de requerimientos de materiales (MRP) propuesto.
7. Elaborar la orden u órdenes de compra por la cantidad requerida.

5. Documentos de referencia

Historial de datos de consumo de materia prima, peróxido de hidrógeno al 70% de períodos anteriores al analizado. Plan de requerimiento de materiales. Programa de despacho a los clientes. Inventarios de materia prima y producto terminado.

5.1.2 Cálculo de la demanda a futuro de material de empaque.

Para determinar la proyección a futuro del consumo de material de empaque al igual que la materia prima, se realiza por uno de los métodos de análisis de las series de tiempo, el de ajuste exponencial. A continuación se elabora un procedimiento para determinar la proyección a futuro de material de empaque utilizando este método.

Procedimiento de operación	CÓDIGO:	PÁGINA:
	FECHA DE VIGENCIA:	
<i>Cálculo de la demanda a futuro del material de empaque</i>		

1. Objetivo y alcance

Establecer el procedimiento a seguir para determinar los valores de la proyección a futuro del consumo de material de empaque utilizado para los despachos de producto terminado hacia los clientes. Este procedimiento aplica a la planta ubicada en Amatitlán y a todas las personas involucradas en el proceso de administración del material de empaque y de producción de esta planta.

2. Responsabilidades

Es responsabilidad de la persona encargada de compras o importaciones aplicar este procedimiento para determinar las compras de tapas, etiquetas y bidones para mantener un nivel adecuado de inventario, necesarios para cumplir con los despachos a los clientes y mantener un nivel adecuado de inventario de producto terminado al 50%.

3. Términos y definiciones

Bidón: envase de 15 galones producido en polietileno de alta densidad y con protección UV.

4. Requisitos

Son necesarios 3 datos para aplicar el modelo de ajuste exponencial: la proyección más reciente, el valor de la demanda real registrada en el período a determinar tanto para bidones, etiquetas y tapas, así como el valor de la constante de ajuste alfa (α).

4.1 Procedimiento

El procedimiento para determinar la proyección a futuro del consumo de material de empaque (tapas, etiquetas y bidones) es el siguiente:

1. Recopilar la información de datos históricos anteriores al período a determinar para cada material utilizado.
2. Definir el valor de la constante de ajuste alfa (α) a utilizar para la proyección, para esta empresa se recomienda un alfa de 0.25.
3. Determinar la proyección anterior al período a analizar para tapas, etiquetas y bidones, con el método de promedio móvil ponderado utilizando factores de 0.50, 0.35 y 0.15.
4. Utilizar la fórmula $P_t = P_{t-1} + \alpha (D_{t-1} - P_{t-1})$ para el cálculo de los valores de los pronósticos para el período deseado de cada material de empaque.
5. Tabular los datos obtenidos para cada material de empaque.
6. Utilizar los datos como referencia para realizar las compras del material de empaque, verificando los niveles de inventario que se manejan, los requerimientos del plan de requerimientos de materiales (MRP) propuesto.
7. Elaborar una orden de compra tipo abierta por las cantidades de tapas, bidones o etiquetas requeridas por la planta.

5. Documentos de referencia

Historial del consumo de material de empaque utilizado en los despachos a los clientes, inventarios de material de empaque disponible, información de la planificación de requerimiento de materiales, plan de despacho a clientes.

5.1.3 Desarrollo del Plan maestro de producción.

El plan maestro de producción es una planificación de lo que debemos producir y despachar a los clientes en un período determinado de tiempo. El plan maestro de esta planta está dado por semana y define las cantidades a despachar por presentación de producto e indica los tiempos a invertir para preparar estos pedidos. Se origina del programa de despacho semanal que el área de exportaciones prepara de acuerdo a los pedidos de los clientes.

Para el plan total de producción es importante realizar la evaluación de la estrategia a utilizar para el aprovechamiento de la mano de obra y el tiempo disponible para producir, para ello se evaluaron 3 estrategias: de Chase, nivelada y la que se debe utilizar en planta, fuerza laboral estable – horas de trabajo variables. Definida la estrategia a utilizar, hay varios aspectos adicionales a considerar: la disponibilidad de producto y materiales. Este plan establece la mejor combinación entre disponibilidad de mano de obra, el tiempo disponible y la cantidad de producto para tener el mejor costo de producción, manteniendo niveles adecuados en inventario de materia prima y producto terminado. Toda esta combinación está en función de la demanda que se establezca con los clientes, para lo que se elabora también un plan de requerimiento de materiales para cumplir con esa demanda. El plan total de producción es la reunión de toda la información proporcionada por la estrategia de mano de obra, la planificación semanal de despachos, plan de manejo de materiales, los inventarios y las proyecciones de consumo.

A continuación se presenta un procedimiento para la elaboración de un plan total de producción.

Procedimiento de operación	CÓDIGO:	PÁGINA:
	FECHA DE VIGENCIA:	
<i>Elaboración de un plan total de producción</i>		

1. Objetivo y alcance

Establecer los pasos necesarios para elaborar un plan total de producción para la planta de Amatitlán. Este procedimiento aplica a la planta ubicada en Amatitlán e involucra a todas las personas responsables e involucradas en la operación diaria de la planta.

2. Responsabilidades

Es responsabilidad de la persona encargada de producción (coordinador de planta y coordinador general de planta) verificar la disponibilidad de tiempo, de personal, la existencia de inventarios de materia prima y producto terminado, así como de insumos y material de empaque. Es responsabilidad de la persona encargada de exportaciones mantener actualizada la demanda de los clientes en función de las órdenes de compra recibidas y de los pedidos confirmados por los clientes. Al igual que es responsable la persona encargada de la cadena de suministros para mantener los inventarios requeridos para la operación de la planta.

3. Términos y definiciones

4. Requisitos

Tener disponible la información sobre la demanda de producto por los clientes, del tiempo y mano de obra necesarios para la operación de la planta, los costos actualizados de mano de obra y de operación de planta, inventario de materia prima y material de empaque requerido para producir.

4.1 Procedimiento

La elaboración de un plan total de producción involucra las siguientes tareas:

1. Establecer la proyección de la demanda a futuro de materia prima (peróxido de hidrógeno al 70%) y del material de empaque (tapas, etiquetas y bidones) por medio del modelo de ajuste exponencial.
2. Con la proyección de la demanda se determina para cada presentación, por medio de la estrategia de producción de fuerza laboral estable – horas de trabajo variables, el tiempo requerido y el costo generado para cumplir con la demanda de los clientes.
3. De acuerdo a las proyecciones y los requerimientos de los clientes se puede elaborar un plan de requerimiento de materiales donde se miden los consumos, los ingresos y el movimiento tanto de la materia prima como de los materiales de empaque en el período de un mes.
4. Establecer por medio del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ), las cantidades de materia prima y material de empaque a requerir y en qué momento requerirlas a los proveedores.
5. Reunir en un archivo en Excel de dos hojas esta información, en una hoja se manejará el plan de requerimiento de materiales y en la otra las operaciones diarias de despachos, llenado y otras.

5. Documentos de referencia

Historial de datos de consumo de materia prima y material de empaque, programa de despacho semanal, registros de inventarios diarios, plan de requerimientos de materiales, registros de costos de transporte de producto y costos de producción.

5.1.4 Manejo de inventarios de materia prima

El manejo de los inventarios de materia prima es importante debido a que la falta de esta materia prima puede generar demoras en la entrega de un pedido a un cliente. Los inventarios se medirán de forma diaria, semanal y mensual dejando registro de las mediciones de los consumos e ingresos.

Procedimiento de operación	CÓDIGO:	PÁGINA:
	FECHA DE VIGENCIA:	
<i>Manejo de inventarios de materia prima</i>		

1. Objetivo y alcance

Establecer por medio del modelo de cantidad óptima de pedido (EOQ), la cantidad óptima de materia prima (peróxido de hidrógeno al 70%) a pedir y establecer así mismo el nivel de re-orden para colocar el pedido. Este procedimiento es aplicable a la planta ubicada en Amatitlán e involucra a las personas responsables de la colocación de los pedidos a los proveedores.

2. Responsabilidades

Es responsabilidad de la persona encargada de compras o de importaciones implementar este procedimiento para realizar las compras de peróxido de hidrógeno a 70%. Así mismo este procedimiento involucra al personal de producción encargado de llevar los registros de los inventarios para determinar en qué momento se debe realizar los pedidos de peróxido de hidrógeno.

3. Términos y definiciones

4. Requisitos

Es necesario mantener actualizados los inventarios de materia prima y de producto terminado, para ello se establece realizar inventarios a diario, semanalmente y mensualmente. Se requiere llevar registro de cada isotanque recibido con materia prima.

4.1 Procedimiento para determinar la cantidad óptima de producto

El procedimiento para determinar la cantidad óptima de pedido de materia prima y su nivel de reorden es el siguiente:

1. Determinar la demanda anual (D) de materia prima en toneladas 100% a consumir en el año a analizar, puede realizarse por medio del modelo de ajuste exponencial ya visto o por medio del plan de requerimiento de materiales.
2. Determinar el costo de colocar un pedido (S) en moneda local.
3. Calcular el % del costo de mantenimiento (i) sobre el valor de cada unidad de producto (C), en este caso sobre cada tonelada 100% de producto. Para el caso de la planta el costo es del 1% sobre el costo de la tonelada 100%.
4. Aplicar a la fórmula siguiente los valores determinados para determinar el valor de la cantidad óptima de pedido, este valor esta dado en toneladas 100%.

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{iC}}$$

5. Esta cantidad de producto determinada será la que se solicite al proveedor cada vez que se alcance el nivel de reorden R.

4.2 Procedimiento para determinar el nivel de reorden

Para determinar el nivel de reorden se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se determina la demanda diaria (d) en toneladas 100% del consumo de producto. Se divide la demanda anual entre el valor de 365 días.
2. Se determina el valor del tiempo de entrega del producto por parte del proveedor desde que sale hasta que llega a la planta, en días (L).
3. Se utiliza la fórmula $R = d \times L$ para determinar la cantidad del nivel de reorden en toneladas 100%.
4. Cuando se alcance esta cantidad R, se debe de realizar un pedido de peróxido de hidrógeno por la cantidad Q del paso 4.1.

5. Documentos de referencia

Para determinar el valor de la cantidad óptima es necesario tener información sobre historial de consumo de materia prima de años anteriores y la proyección de consumo para el período a determinar. Facturas de importación de materia prima. Para el nivel de reorden se requieren las facturas de embarque (Bill of Landing –BL-). Registros de inventarios diarios. Registros de recepción de producto en planta.

5.1.5 Manejo de inventarios de material de empaque

El material de empaque es importante para realizar los despachos a los clientes, y al igual que la materia prima es uno de los insumos principales para los despachos. La etiqueta le da identificación al producto y comunica las precauciones y primeros auxilios. La tapa y el bidón se requieren para envasar el producto para determinados clientes. Se establece el modelo de reposición opcional para el manejo de los inventarios de material de empaque.

Procedimiento de operación	CÓDIGO:	PÁGINA:
	FECHA DE VIGENCIA:	
<i>Manejo de inventarios de material de empaque</i>		

1. Objetivo y alcance

Establecer un procedimiento adecuado de cómo manejar los inventarios de material de empaque, establecer la cantidad óptima de material a requerir al proveedor, establecer cantidades y períodos de entrega para las cantidades requeridas. Este procedimiento es de aplicación a la planta ubicada en el municipio de Amatlán e involucra a las personas responsables de la importación o compra de los materiales de empaque.

2. Responsabilidades

Es responsabilidad de la persona encargada de compras o de importaciones aplicar este procedimiento a la compra de material de empaque utilizado en la planta. Así mismo este procedimiento involucra al personal de producción que se encarga de llevar los registros de los inventarios, de los consumos y los ingresos a planta, para ayudar a determinar en qué momento debe realizar los pedidos a los proveedores.

3. Términos y definiciones

4. Requisitos

Inventarios actualizados de material de empaque, fechas de entrega de cada material y costos involucrados. Se requieren los registros de todos los ingresos a planta de los materiales de empaque. El programa de despachos a los clientes es importante para ver las cantidades a despachar de producto y comparar el material a requerir para dichos despachos.

4.1 Procedimiento para determinar el tamaño del pedido y el momento de realizar el pedido.

Este modelo requiere de encontrar un tamaño de pedido y tener un nivel máximo de inventario. El procedimiento para determinar ese tamaño de pedido y el momento de realizar el pedido es el siguiente:

1. Determinar la demanda anual (D) del material de empaque que se esté analizando. Este dato puede determinarse por medio del modelo de ajuste exponencial ya visto o por medio del plan de requerimiento de materiales.
2. Determinar el costo de colocar un pedido (S) para este material, en moneda local.
3. Calcular el % del costo de mantenimiento (i) sobre el valor de cada unidad de producto (C). Para el caso de la planta el costo a usarse es del 1% sobre el costo de cada unidad.
4. Aplicar a la fórmula siguiente los valores determinados anteriormente para encontrar el valor del tamaño de pedido.

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{iC}}$$

5. Establecer un valor máximo de inventario (M) a manejar por producto.

6. Establecer una fecha para revisión de inventarios y determinar en esa fecha los niveles de inventario (I) para los materiales de empaque. La fecha para revisión de los inventarios será semanal.
7. Determinar semanalmente el valor q de la siguiente forma: $q = M - I$. Es decir que semanalmente se restará al valor máximo de inventario determinado (M) el valor del inventario (I) en esa semana, para cada material de empaque.
8. Si el valor de q es mayor o igual al valor de Q, tamaño de pedido, entonces se debe realizar un pedido por la cantidad q determinada por la diferencia $M - I$.
9. Si el valor de q no es mayor a Q, entonces esperar a la próxima revisión, para determinar un nuevo valor de q.

5. Documentos de referencia

Registros de los inventarios semanales y diarios. Ordenes de compra generadas para la compra de material de empaque. Registros de recepción de producto en planta.

5.2 Formatos para el control de la implementación de las propuestas.

Básicamente las propuestas a las cuales se implementará un control son: el manejo de los inventarios y el control de los tiempos de operación en planta. Es importante mantener en primer lugar un control sobre los inventarios de materia prima, pues es la base para realizar los despachos hacia los clientes. La falta de esta materia prima paraliza completamente las operaciones de la planta o retrasa los despachos planificados.

Los formatos están elaborados en hojas de Excel y se vinculan entre ellas para que cualquier modificación en la primera hoja de control, actualice a las demás y se puedan controlar mejor los cambios en las operaciones de la planta.

5.2.1 Manejo y control de los inventarios de materia prima, material de empaque y producto terminado.

Los principales elementos para la producción, adicionales a la mano de obra, son la materia prima y el material de empaque, todos estos elementos se pueden controlar por separado o en un mismo formato. Los inventarios de materia prima y producto terminado se manejarán en un mismo formato debido a que sus mediciones son más frecuentes y porque utilizan otro modelo para su cálculo, cantidad óptima de pedido (modelo EOQ). Por el contrario el material de empaque se inventariará cada semana y se utilizará otro método para determinar sus pedidos y cantidades.

5.2.1.1 Inventarios semanales de materia prima y producto terminado.

En la siguiente figura se muestra un formato para el control de los inventarios de materia prima y producto terminado. Para llenarlo manualmente se siguen los siguientes pasos:

Para el inventario de tanques tanto 70% como 50%:

1. Colocar la fecha y el tipo de inventario.
2. Colocar las lecturas en milímetros de la cinta con que se miden los tanques en la casilla de medidas de la concentración en peso dentro del tanque.

3. Para encontrar el volumen, se le resta a la altura del tanque (H) la lectura o medida tomada de la cinta y se multiplica por el valor del área (A), este dato está en metros cúbicos.
4. Para obtener kilos al 100%, el valor del volumen se multiplica por la densidad (para 70% es 1.29 y para 50% 1.196) y luego se multiplica por 0.7 para 70% y por 0.5 para 50%.
5. Para los totales, sumar la columna de producto al 70% y la del 50%.

Para determinar el inventario de producto terminado, se procede así:

1. Colocar las unidades contadas de cada presentación en la casilla de cantidad.
2. Luego para cada presentación se multiplica la cantidad por el peso o capacidad, luego se multiplica por 0.5.
3. El valor resultante del cálculo anterior se coloca en la casilla Kg. @ 100%.
4. Sumar los totales para determinar el total de kilos al 100% en inventario.

En el espacio para otros inventarios se colocan las cantidades en kilos al 100% del producto que se indica. Por lo regular este producto se pesa en la báscula del área de llenado y el peso se multiplica luego por 0.5.

Para determinar la cantidad de producto en tránsito se colocan las cantidades de isotanques que están en tránsito de cada proveedor y se multiplica la cantidad por el peso teórico en kilos de cada isotanque, luego se multiplica por 0.7 para obtener kilos al 100%.

Figura 15. Formato de control de inventarios de materia prima

Fecha de Inventario: _____ Diario semanal mensual

HOJA DE INVENTARIO FÍSICO

INVENTARIO EN TANQUES

TANQUE	CAPACIDAD	70%			50%			TOTAL
		medida	volumen	kg @ 100%	medida	volumen	kg @ 100%	kg @ 100%
Tanque 6512-A (H = 6910 mm) (A = 12.566)	80 m ³							
Tanque 6512-B (H = 6890 mm) (A = 12.566)	80 m ³							
Tanque 6512-C (H= 6900mm) (A= 12.566)	80 m ³							
Tanque 6512-D (H= 6900mm) (A= 12.566)	80 m ³							
Tanque 6512-E (H= 6900mm) (A= 12.566)	80 m ³							
Tanque 6611 (H = 4855 mm) (A = 9.62)	40 m ³							
Total inventario en tanques								

INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO

PRESENTACIÓN	CAPACIDAD	CANTIDAD		TOTAL kg @ 100%
Bidones reciclados	62 KG			
Bidones nuevos	62 KG			
cipax	960 KG			
Bidones nuevos rotos	62 KG			
Bidones reciclados rotos	62 KG			
isotanque 50%	20,000 KG			
Total inventario producto terminado				

OTROS INVENTARIOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD		TOTAL kg @ 100%
Envases incompletos			
Producto para reproceso			
Producto contaminado			
Total otros inventarios			

INVENTARIO DE PRODUCTO EN TRANSITO

ISOTANQUES	CAPACIDAD	CANTIDAD		TOTAL kg @ 100%
Isotanques desde Estados Unidos	20000 KG			
Isotanques desde Venezuela	20000 KG			
Isotanques desde Korea	20000 KG			
Total inventario tránsito				

Para llenar el formato en computadora, las casillas ya están formuladas y únicamente se requiere colocar las cantidades requeridas para determinar los demás valores. Para el inventario en tanques únicamente se requiere la medida de la lectura de la cinta. Para el producto terminado se requieren las cantidades de las unidades contadas en el inventario para cada presentación. Para los otros inventarios se requieren los pesos directos de la báscula. Para el inventario en tránsito basta con colocar en la casilla de cantidad, las unidades que vienen de cada proveedor. Los totales deberán de calcularse automáticamente al llenarse las demás casillas de la hoja del inventario.

5.2.1.2 Inventario mensual de material de empaque.

El material de empaque para la planta es: bidones nuevos y reciclados que maneja la planta, las etiquetas en diferentes presentaciones y las tapas tanto para bidones como para cipax.

Para su llenado manual requiere los siguientes pasos sencillos:

Colocar la fecha y el tipo de inventario.

Para el inventario de envases para cada tipo de envase:

1. Colocar las cantidades de envase para cada fila requerida de envase vacío, dañado y lleno.
2. Se totaliza la cantidad de envase contado.

Para las etiquetas se procede de la siguiente forma para cada tipo de etiqueta:

1. Colocar la cantidad de rollos nuevos contados y multiplicar por la cantidad de etiquetas por rollo.
2. Contar las etiquetas que están sueltas y totalizarlas.
3. Contar las etiquetas que están colocadas en envases llenos y totalizar.
4. Contar las etiquetas que han sido rechazadas o no se utilizaron. Para ellos es necesario llevar un registro de las mismas.

Para las tapas:

1. se contabilizan las cantidades de tapas nuevas para cada tipo.
2. Se cuentan las tapas que están en envase lleno pero solo para bidones. Para cipax no se cuentan.
3. Se debe llevar registro de las tapas dañadas o en mal estado que no se usan y se coloca en la casilla de rechazadas.
4. Se totalizan los resultados por tipo de tapa.

En la figura 16 se muestra el formato para llevar el registro y el control de los inventarios de material de empaque.

Figura 16. Formato de control de inventarios de material de empaque

Fecha de Inventario: _____ Diario semanal mensual

HOJA DE INVENTARIO FÍSICO MATERIAL DE EMPAQUE

INVENTARIO ENVASE

	Envase vacío		Envase Dañado		Envase lleno		TOTAL
Bidón 62 kg Re							
Bidón 62 kg Nv							
Cipax 960 kg							
Totes blancos							

INVENTARIO ETIQUETAS

	Rollo completo	Etiquetas/rollo	Sueltas	Total nuevas	Envase lleno	Rechazadas	TOTAL
Etiqueta producto							
Etiqueta oxidante							
Etiqueta corrosivo							
Etiqueta 2014							
Etiqueta 2015							
Etiqueta rombo							

INVENTARIO TAPAS

	Nuevas	Usadas	Envase lleno	Rechazadas			TOTAL
Tapa para bidón							
Tapa para cipax							
Tapa para totes							

5.2.2 Control de tiempos para las operaciones realizadas en planta.

Los principales tiempos de la planta se dan en las operaciones que se realizan en la misma, por ejemplo: descarga de isotanques, diluciones, llenado de envases vacíos (bidones, cipax e isotanques), carga de contenedores, etiquetado y entarimado de bidones. Cada una de estas actividades conlleva ciertas tareas que consumen tiempo de acuerdo a la operación que se indique. Otros factores que influyen en el desarrollo de las actividades son todos aquellos tiempos no planificados o tiempos muertos en los que se incurre cuando suceden acciones imprevistas. Es importante llevar un registro de todos esos tiempos muertos para poder determinar las eficiencias de los equipos o de los procesos y poder elaborar planes de acción para reducir la ocurrencia de esos tiempos muertos.

En la siguiente figura 17 se presenta un formato para el registro y control de los tiempos no planificados que pueden afectar las operaciones realizadas en planta. En él se anota el tiempo en minutos que se pierde en determinadas horas y para determinada falla que lógicamente no está planificada.

En la figura 18 se muestra un formato del control de los tiempos para determinar la eficiencia de una operación realizada en planta. En el se lleva registro total de los tiempos consumidos planificados o no, en un turno de operación o en dos y de allí se puede calcular la eficiencia de planta.

Figura 18. Formato para eficiencia

MATRIZ DE EFICIENCIA

		1er turno	2do turno	Total
A	Tiempo disponible total de operación (min.)			
TIEMPO PLANEADO				
	Almuerzo			
	Descanso			
	Tiempo planeado de limpieza/reuniones			
	Mantenimiento preventivo planeado			
	Falta de demanda			
B	Tiempo total planeado (min.)			
C	Tiempo total de corrida disponible (min.) A-B			
PARADAS				
	Falla mecanica			
	Falta de energía eléctrica			
	Falta de aire comprimido			
	Ajustes			
	Falta de materiales, partes			
	Falta de operadores			
	Atascamientos y paradas menores			
	Fugas			
D	Tiempo total de pérdida (min.)			
E	Tiempo operativo (min.) C-D			
F	DISPONIBILIDAD (%) (E/C) X 100			
G	Producción real(unidades)			
H	Velocidad teórica (unid./min.)			
I	Producción teórica (unid.) E x H			
J	EFICIENCIA % G/I x 100			
K	Rechazos durante el tiempo operativo (unid.)			
L	CALIDAD % (1/K/G) X 100			
M	% de efectividad en el equipo completo			
(Disponibilidad x Desempeño x Calidad)				

5.3 Medición de los resultados obtenidos con la implementación de las propuestas.

Las propuestas desarrolladas fueron 3:

1. La proyección a futuro de materia prima e insumos.
2. La planeación total de la producción.
3. Manejo de los inventarios de materia prima e insumos.

Cada una de estas propuestas al momento de ser aplicadas a las operaciones de la planta generó ciertos resultados interesantes y problemas en su aplicación. Algunos de estos principales problemas generados fueron, por ejemplo:

- Problemas de entrega de materia prima por parte de los proveedores debido a causas del medio ambiente (tormentas, huracanes, etc.) que generaron retrasos que no se habían considerado.
- Defectos en algunos materiales de empaque como defectos en empaques de tapaderas.
- Existencia de costos altos en la subcontratación de personal para realizar tareas como: armado de tapas para bidones.
- Falta de espacio suficiente para el almacenamiento de materia prima.

Sin embargo se lograron ciertos resultados interesantes, por ejemplo:

- Alta rotación del producto consumido en planta y en los clientes.
- Disponibilidad de tiempo para la realización de más tareas u operaciones en planta.
- Personal capaz y con muchas habilidades para ser desarrolladas.

5.3.1 Análisis de los tiempos utilizados en las operaciones de la planta

Las principales operaciones realizadas en planta donde se pudo determinar algunos tiempos para analizar fueron:

La descarga de isotanques, la carga de isotanques, el llenado de bidones y cipax, el armado de tapas para bidones.

En el armado de tapas, se pudo identificar lo siguiente:

- Dichas tapas vienen desarmadas desde su origen, Colombia y eso supone que se deban de armar en la planta.
- Este trabajo adicional de armar las tapas implica un costo que debiera evitarse. Por cada tapa que se arma se pagan Q. 0.04 y cada caja trae 500 unidades, por lo que se pagan Q.20.00 por cada caja armada. Si se considera la demanda de 41,114 unidades por un año serían 83 cajas de 500 unidades, en total son Q.1,660.00.
- Existe un costo de oportunidad en el tiempo consumido para el armado de esas tapas que no se está aprovechando.

A raíz de los inconvenientes encontrados en las otras operaciones de la planta, se planteó la alternativa de utilizar formatos para llevar registros y después tomar acciones de control para ese tiempo que se pierde. Los tiempos estándar utilizados en las operaciones se presentan en la tabla No. XLII.

Tabla XLII. Tiempos de las operaciones

<i>Operación</i>	<i>Tiempo x unidad</i>	<i>Tiempo x Total Lote</i>
Llenado bidones *	50 segundos	4 horas 20 minutos
Llenado cipax	10 minutos	3 horas 30 minutos
Llenado isotanques TK 6611	65 minutos	1 hora 5 minutos
Llenado isotanques TK 6512-A	35 minutos	35 minutos
Descarga de isotanques con producto al 70%	60 minutos	1 hora

* Esta operación incluye las tareas de lavado y etiquetado para bidones reciclados.

Esta tabla muestra los valores estándar que se consideran para las operaciones de la planta. Cualquier tiempo en las operaciones fuera de estos valores implica que pudiera existir algún problema en la operación.

5.3.2 Análisis de costos de mano de obra

El costo de la mano de obra se ha mantenido estable, el personal actualmente trabaja en un turno normal de 8 horas, aunque han habido ocasiones en que se ha hecho necesario trabajar tiempo extra. Como se mencionó arriba existe cierta disponibilidad de tiempo en las operaciones que bien pudiera utilizarse en el armado de las tapas que vienen desarmadas desde el proveedor de Colombia.

Dentro de las operaciones que se realizan con personal temporal, está aparte del armado de tapas, la carga de furgones con bidones para el despacho a los clientes. Estas operaciones tienen un costo adicional porque no son realizadas por el personal de planta debido a la falta de tiempo. Sin embargo se ha notado que falta un poco de más organización en la distribución del tiempo de las personas. También es cierto que se han delegado más funciones al personal, por ejemplo: análisis de laboratorio, llenado de reportes, más capacitaciones, tareas de mantenimiento, etc. que han restado tiempo disponible a las operaciones de planta.

Actualmente la planta dispone de unas 704 horas promedio al mes por las cuatro personas de planta, disponibles para realizar las tareas necesarias. Si hacemos un balance de las horas consumidas en las operaciones principales, en un mes, determinaremos la disponibilidad o no de tiempo.

Por ejemplo, en el mes de agosto se llenaron 3827 bidones lo que representa un tiempo de 3190 minutos, se llenaron 85 cipax con un tiempo total de 850 minutos, los isotanques llenados fueron 24 y el tiempo consumido de 1080 minutos. La descarga de 21 isotanques consumió 1260 minutos. En total se utilizaron en estas operaciones aproximadamente 6380 minutos, aproximadamente unas 107 horas. Como se observa se tienen aproximadamente unas 600 horas disponibles para las otras tareas, entre las cuales se cuenta: preparación de diluciones, trasiegos de producto, carga y descarga de cipax, marcado de etiquetas, lavado de bidones reciclados, etc. De todo ese tiempo disponible no se tiene registro en qué se consume, por lo que es importante determinar el tiempo real de todas esas operaciones realizadas en planta.

Una de las tareas que representa uno de los mayores costos en la operación es la del reciclaje de bidones. Esta operación tiene las siguientes tareas: recepción, quitar etiquetas y limpieza, lavado exterior, entarimado, lavado interior, etiquetado y colocación de tapa para finalmente pasar a llenado.

5.3.3 Análisis de costos en el uso de insumos y material de empaque

Uno de los aspectos encontrados durante el manejo del material de empaque es el mal uso que se le da a algunos materiales. Por ejemplo, se desperdicia mucha etiqueta en el proceso de etiquetado de envases, debido a que se realizan cambios muy frecuentes en la programación de los llenados en planta, entonces las etiquetas que se iban a usar para bidones o cipax ya no se usan debido al cambio de lote que se pudiera dar para el nuevo llenado. Ya después de marcadas no es posible utilizarlas o borrarlas para su re-uso. El costo de cada etiqueta es de Q.0.56. Aunque no es muy alto su costo es significativa la cantidad de etiquetas desperdiciadas en un mes.

Otro aspecto encontrado durante las operaciones de la planta está en el manejo de las tapas para bidones. El problema no tiene que ver con la utilización de las tapas, sino con los empaques mismos. Algunos de estos empaques han presentado cierto defecto que genera fugas cuando la tapa está colocada en el bidón lleno. No han sido todos los bidones pero si se ha detectado cuando el bidón se encuentra lleno en el cliente.

Es importante llevar un control de los insumos que se utilizan por cada lote de producto envasado, incluyendo el material que se rechace o desperdicie, ya que permitirá cuadrar los inventarios de fin de mes y determinar las cantidades de pérdidas generadas en material de empaque y buscar la forma de reducir esos costos de los que no se lleva actualmente ningún control.

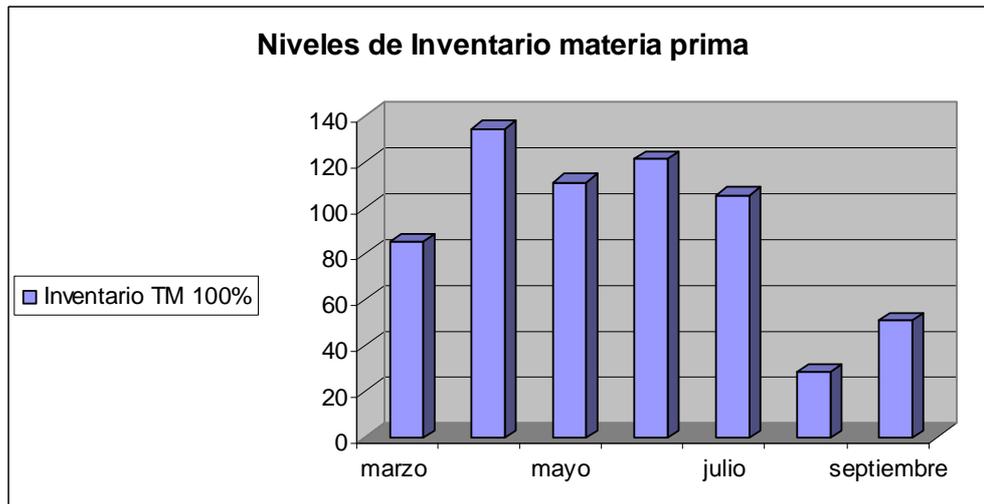
5.3.4 Resultados en la disponibilidad de materia prima y producto terminado

Desde la implementación de las propuestas de este trabajo se ha notado la existencia de un nivel de inventario de producto terminado que ha ido mejorando, sobre todo en bidones y cipax. Por lo regular los isotanques con producto al 50% para despachos se llenan hasta que van a salir hacia el cliente. Con la materia prima ha habido cierto comportamiento de estabilidad y luego ha descendido un poco y ha alcanzado niveles muy bajos.

En la figura 19 se muestra el comportamiento de los niveles de materia prima donde los dos meses últimos, existe un descenso del nivel de inventario que se debe a las tormentas y huracanes que afectaron los puertos de los proveedores en el océano Atlántico.

Otro factor que puede observarse es que los niveles de los primeros 5 meses mantienen cierta estabilidad, no crecen, porque no existe una capacidad de almacenamiento suficiente para mantener niveles de inventario más altos y poder considerar factores externos que afecten la operación de la planta.

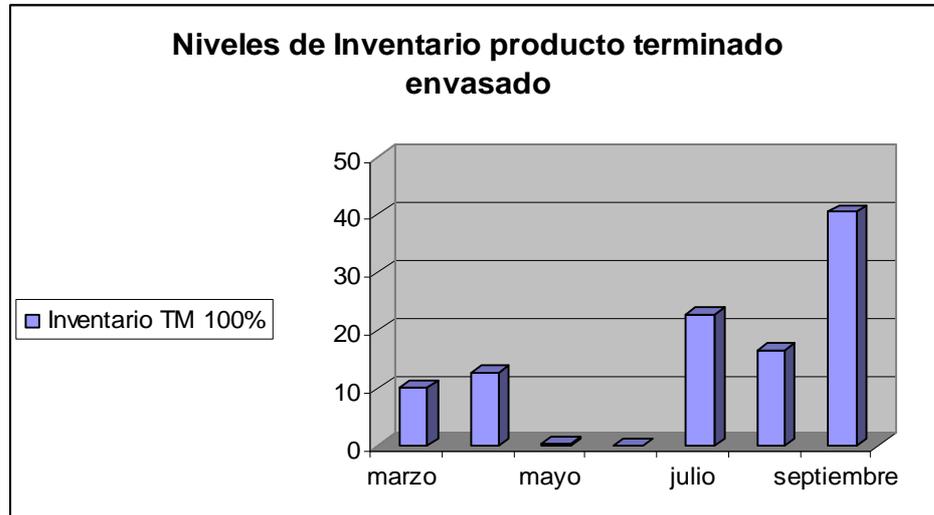
Figura 19. Nivel de inventario de materia prima



Fuente: Datos históricos operación planta 2005.

La figura 20 muestra los niveles de inventario de producto terminado para los meses de marzo 2005 a septiembre 2005.

Figura 20. Nivel de inventario producto terminado envasado



Fuente: Datos históricos operación planta 2005.

Como se puede observar en la figura 20, en los meses de marzo a junio los inventarios de producto terminado envasado en bidones y cipax era bastante bajo, esto debido al mal manejo y aprovechamiento de los recursos, incluyendo el recurso humano. En los meses de julio a septiembre se logró incrementar el nivel de estos inventarios considerablemente a manera de tener un excedente de producto envasado en planta. Lamentablemente este inventario se vió afectado más adelante en el mes de octubre por problemas de suministro por parte de los proveedores debido a los fenómenos de las tormentas y huracanes generados en el océano Atlántico. Sin embargo en el mes de noviembre se recuperaron nuevamente los niveles de inventario para producto terminado envasado en bidones y cipax.

CONCLUSIONES

1. Dentro de los tipos de proyecciones de análisis de las series del tiempo, el modelo de ajuste exponencial es el modelo más adecuado para determinar las proyecciones de materia prima y material de empaque para la planta pues tiene el menor error en la aproximación con respecto a los consumos reales.
2. El parámetro a utilizar para iniciar el cálculo de las proyecciones del consumo de materia prima son los despachos mensuales realizados desde la planta hacia los clientes.
3. Para determinar la proyección de consumo de material de empaque se debe utilizar como factor de referencia el consumo en el llenado de producto terminado en las presentaciones de cipax y bidones.
4. La estrategia de fuerza laboral estable – horas de trabajo variables para la planeación de la producción es la más indicada pues muestra la existencia de tiempos de holgura en los que se puede aprovechar realizar tareas delegadas a personal temporal o subcontratado.

5. El programa maestro de producción deberá alimentarse desde el plan de requerimientos de materiales (MRP) y deberá indicar, de forma diaria o semanal, las cantidades de unidades a llenar y el tiempo requerido para completar dichas unidades.

6. Realizar inventarios diarios y semanales del producto envasado y del producto dentro de los tanques de almacenamiento y dilución para mejorar el manejo del producto y controlar las posibles faltantes de producto.

7. Incrementar la capacidad de almacenamiento en tanques para materia prima y para producto diluido para manejar un mayor volumen de seguridad y así poder cubrir cualquier eventualidad con los proveedores.

8. Debido a la baja capacidad de almacenamiento en tanques que posee actualmente la planta, el modelo EOQ para el manejo de los inventarios de materia prima y producto terminado en tanques no se puede aplicar adecuadamente en este momento.

RECOMENDACIONES

1. Se debe llevar siempre un registro del historial de llenado para producto terminado, indicando las toneladas y unidades llenadas para cada mes de operación.
2. Eliminar gradualmente la asignación de trabajos subcontratados o de personal temporal, para que le sean asignados al personal fijo de planta, ya que, existen tiempos de holgura en las operaciones que realizan los operadores de la planta.
3. Se debe actualizar y alimentar el plan de requerimiento de materiales, semanalmente y mensualmente, para mantener actualizados los datos de los inventarios.
4. Se debe utilizar los formatos elaborados para llevar el registro de los inventarios que se realicen de materia prima, producto terminado y material de empaque.
5. Se debe llevar un registro de los tiempos muertos o no planificados en la producción de la planta para mejorar la eficiencia y crear planes para reducir esos tiempos o eliminarlos

6. Se debe implementar el control de las eficiencias diarias en las operaciones de la planta de tal forma que se puedan determinar los puntos de mejora y de control de las operaciones que lo requieran.

7. Se debe reducir el alto índice de desperdicio que se tiene de material de empaque a través de una mejor planificación y el establecimiento de instrumentos o equipos que permitan mejorar las tareas que se realizan de forma manual, por ejemplo, marcado de etiquetas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adam, E. & Eber, R. (1991). *Administración de la producción y de las Operaciones*. México: Editorial Prentice Hall.
2. Chase, R., Aquilano, N. & Jacobs, F. (2001). *Manual de operaciones de manufactura y servicios*. Bogota: McGraw Hill
3. Chase, R. & Aquilano, N. (1995). *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. 6ª. Edición. Barcelona: editorial Irwin
4. Cuevas, Carlos F. (2001). *Contabilidad de costos, enfoque gerencial y de gestión*. Bogotá: Pearson educación.
5. Eka Chemicals de Venezuela. *Manual del usuario de peróxido de hidrógeno*. Venezuela.
6. Green, James H. (1991). *Control de la producción (Sistemas y decisiones)*. 1ª. Edición. México: Editorial Diana.
7. Hanke, J. & Reitsch, A. *Pronósticos en los negocios*. México: editorial Prentice Hall
8. Hartmann, Edgard. (1992). *Successfully installing TPM in a Non-Japanese plant*. Pennsylvania: TPM Press Inc.
9. Maynard, Harold B. (1985). *Manual de organización e Ingeniería Industrial*. México: Editorial Reverté, S.A.

10. Meredith, Jack R. (1999). *Administración de las operaciones*. México: Editorial Limusa.
11. Narasimahn, S. (1996). *Planeación de la producción y control de inventarios*. México: Editorial Prentice Hall.
12. Niebel, Benjamín W. (1988). *Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos*. México: Alfaomega.
13. Rosales, Robert C. (1998). *Manual del ingeniero de planta*. 2ª. edición. México: Editorial McGraw Hill.
14. Schroeder, Roger G. (1992). *Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones*. México: McGraw Hill.
15. Zandin, Kjell (1996). *Maynard, Manual del Ingeniero Industrial*. 5ª. edición. México: Editorial McGraw Hill.

Referencias Electrónicas:

1. www.dii.uchile.cl. Enero de 2005
2. www.atsdr.cdc.gov/es. Febrero de 2005
3. www.gestiopolis.com. Abril de 2005
4. www.monografias.com. Agosto de 2005
5. www.qro.itesm.mx. Septiembre de 2005

ANEXOS

Tabla A Número previsto de faltantes versus desviación estándar

$E(z)$	z	$E(z)$	z	$E(z)$	z	$E(z)$	z
4.500	-4.50	2.205	-2.20	0.399	0.00	0.004	2.30
4.400	-4.40	2.106	-2.10	0.351	0.10	0.003	2.40
4.300	-4.30	2.008	-2.00	0.307	0.20	0.002	2.50
4.200	-4.20	1.911	-1.90	0.267	0.30	0.001	2.60
4.100	-4.10	1.814	-1.80	0.230	0.40	0.001	2.70
4.000	-4.00	1.718	-1.70	0.198	0.50	0.001	2.80
3.900	-3.90	1.623	-1.60	0.169	0.60	0.001	2.90
3.800	-3.80	1.529	-1.50	0.143	0.70	0.000	3.00
3.700	-3.70	1.437	-1.40	0.120	0.80	0.000	3.10
3.600	-3.60	1.346	-1.30	0.100	0.90	0.000	3.20
3.500	-3.50	1.256	-1.20	0.083	1.00	0.000	3.30
3.400	-3.40	1.169	-1.10	0.069	1.10	0.000	3.40
3.300	-3.30	1.083	-1.00	0.056	1.20	0.000	3.50
3.200	-3.20	1.000	-0.90	0.046	1.30	0.000	3.60
3.100	-3.10	0.920	-0.80	0.037	1.40	0.000	3.70
3.000	-3.00	0.843	-0.70	0.029	1.50	0.000	3.80
2.900	-2.90	0.769	-0.60	0.023	1.60	0.000	3.90
2.801	-2.80	0.698	-0.50	0.018	1.70	0.000	4.00
2.701	-2.70	0.630	-0.40	0.014	1.80	0.000	4.10
2.601	-2.60	0.567	-0.30	0.011	1.90	0.000	4.20
2.502	-2.50	0.507	-0.20	0.008	2.00	0.000	4.30
2.403	-2.40	0.451	-0.10	0.006	2.10	0.000	4.40
2.303	-2.30	0.399	0.00	0.005	2.20	0.000	4.50

z = número de desviaciones típicas de la reserva de seguridad

$E(z)$ = Número previsto de unidades faltantes

Fuente: Revisado de Robert G. Brown, *Decision Rules for Inventory Management* (Nueva York; Holt, Rinehart & Winston, 1967), pp. 95 - 103.