



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

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA
DE CEREALES**

Luis Gustavo González Orozco
Asesorado por: Inga. Sigrid Alitza Calderón De León

Guatemala, Junio de 2005
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA
DE CEREALES**

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS GUSTAVO GONZÁLEZ OROZCO

ASESORADO POR INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
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
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña De Serrano
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

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:

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA
DE CEREALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 31 de mayo de 2004.

Luis Gustavo González Orozco

DEDICATORIA

A DIOS

Por ser guía de mis pasos e iluminación para mis decisiones.

A MIS PADRES

Por estar siempre en los momentos difíciles, por compartir mis alegrías, tristezas y brindarme incondicionalmente su apoyo.

A MIS HERMANOS

Por su incondicional apoyo, cariño y compañía.

A MIS AMIGOS

Por su apoyo y cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
GLOSARIO	IV
OBJETIVOS	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	VII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
1.1 Actividades a que se dedica	1
1.2 Visión y misión	1
1.3 Estructura organizacional de la empresa	2
1.3.1 Actividades del departamento de mantenimiento	3
1.3.2 Estructura del departamento de mantenimiento	5
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Inventarios	9
2.2 Tipos de inventarios	10
2.3 Inventarios ABC	11
2.3.1 Definición	11
2.3.2 Aplicación	11
2.3.3 Ventajas	12
2.4 Administración de inventarios	12
2.5 Mantenimiento	13
2.6 Tipos de mantenimiento	14
2.7 Funciones específicas del mantenimiento	15

2.7.1	Mantenimiento de emergencia	15
2.7.2	Mantenimiento correctivo programado	16
2.7.3	Mantenimiento preventivo programado	16
2.8	Eficiencia del mantenimiento	17
2.9	Planificación	18
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	
3.1	Antecedentes	21
3.2	Funcionamiento de la bodega de repuestos	22
3.2.1	Análisis de las actividades que se realizan	22
3.2.2	Políticas de compra de repuestos	24
3.2.3	Procedimientos de compra de repuestos	26
3.3	Funcionamiento de las actividades de mantenimiento	28
3.3.1	Análisis de puestos del departamento	28
3.3.2	Análisis del software de mantenimiento que se maneja	31
3.3.3	Planeación de mantenimiento correctivo	33
3.3.4	Planeación de mantenimiento preventivo	35
3.3.5	Asignación de tareas de mantenimiento	37
3.4	Evaluación del desempeño del departamento	37
3.5	Procedimientos de cambios de tamaño	39
4.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	
4.1	Bodega de repuestos	43
4.1.1	Asociación de repuestos con equipos	44
4.1.2	Inventarios ABC	48
4.1.3	Actualización y cálculo de máximos y mínimos de repuestos principales	51
4.2	Mantenimiento preventivo	57
4.2.1	Equipos	58

4.2.1.1	Tipos de equipos que se utilizan	58
4.2.1.2	Identificación de equipos críticos	61
4.2.1.3	Especificaciones de equipos	64
4.2.2	Rutinas de mantenimiento preventivo	67
4.2.2.1	Línea principal	67
4.2.2.2	Línea de recubrimiento	69
4.2.2.3	Línea de extrusión	72
4.2.2.4	Línea de mezclas	73
4.2.2.5	Área de empaque	74
4.2.3	Frecuencias y tiempos de trabajo	78
4.2.3.1	Línea principal	80
4.2.3.2	Línea de recubrimiento	82
4.2.3.3	Línea de extrusión	84
4.2.3.4	Línea de mezclas	85
4.2.3.5	Área de empaque	86
4.2.4	Procedimientos de mantenimiento	88
4.2.4.1	Área de proceso	90
4.2.4.2	Área de empaque	91
4.3	Análisis de costos de mantenimiento	92
4.3.1	Costeo de mantenimiento por línea	93
4.3.1.1	Línea principal	93
4.3.1.2	Línea de recubrimiento	94
4.3.1.3	Línea de extrusión	95
4.3.1.4	Línea de mezclas	96
4.3.1.5	Líneas de empaque	96
4.3.2	Costeo de mantenimiento por equipo	99
4.3.3	Costeo de mantenimiento por categoría de mantenimiento	101
4.3.1	Mantenimiento de emergencia	101

4.3.2	Mantenimiento correctivo programado	101
4.3.3	Mantenimiento preventivo programado	102
4.4	Generación de métricas e indicadores de mantenimiento	103
4.4.1	Identificación de variables	103
4.4.2	Generación de gráficos	104
4.5	Migración de información a plataforma SAP	107
4.5.1	Información de bodega de repuestos	108
4.5.2	Información de mantenimiento	110
5. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS DE CAMBIOS DE TAMAÑO EN LÍNEAS DE EMPAQUE		
5.1	Análisis de puntos críticos	113
5.2	Procedimientos de cambio de tamaño	115
5.2.1	Procedimientos en máquinas pesadora y embolsadora	115
5.2.2	Procedimientos en máquina encartonadora	117
5.2.3	Procedimientos en máquina empacadora de cajas	122
5.2.4	Procedimientos en máquina selladora de fardos	127
5.3	Estudio del trabajo	127
5.3.1	Estudio de tiempos	127
5.3.2	Estudio de movimientos de las actividades	131
5.4	Establecimiento de parámetros estándar	133
5.4.1	Mano de obra	133
5.4.2	Tiempos de ejecución	134
5.4.3	Medidas de ajuste en equipos	135
5.5	Manual de operación de máquina embolsadora	138
5.5.1	Procedimiento de operación	138
5.5.2	Posibles fallas y soluciones	139
5.5.3	Recomendaciones al operador	141
5.6	Costos y beneficios	142

CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	146

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura organizacional de la empresa	03
2.	Actividades que realiza el departamento de mantenimiento	05
3.	Estructura del departamento de mantenimiento	07
4.	Formato de orden de compra en <i>oracle</i>	23
5.	Formato de bitácora de mantenimiento actual	24
6.	Vista de generación de sugerencias del sistema	25
7.	Proceso de compra de repuestos para mantenimiento	28
8.	Orden de trabajo de mantenimiento preventivo	32
9.	Flujo de planeación de mantenimiento correctivo	34
10.	Flujo de planeación de mantenimiento preventivo	36
11.	Gráfico de desempeño del departamento de mantenimiento	39
12.	Causa – efecto en cambios de tamaño	41
13.	Bodega de repuestos	44
14.	Proceso de asociación de repuestos	45
15.	Gráfica de resultado de análisis ABC de acuerdo con el costo	50
16.	Pedido de reorden	56
17.	Demanda probabilística	57
18.	Motor eléctrico trifásico	59
19.	Bomba centrífuga	59
20.	Estructura de equipos en nuevo sistema	62
21.	Placa de especificaciones técnicas de equipos	66
22.	Elementos para generar programa de mantenimiento	71
23.	Orden de trabajo del área de proceso	91
24.	Gráfico de costos de mantenimiento por línea	99
25.	Gráfico de costos por categoría de mantenimiento	103
26.	Porcentaje de tiempo efectivo por tipo de mantenimiento	105

27.	Gráfico comparativo por tipo de órdenes de mantenimiento	106
28.	Comparación de mantenimiento por tiempo de ejecución	107
29.	Máquina encartonadora	117
30.	Flujo de cambio de tamaño de pequeño a grande	120
31.	Flujo de cambio de tamaño de grande a pequeño	121
32.	Máquina empacadora de cajas	122
33.	Escala de vernier	123
34.	Flujo del cambio de tamaño en empacadora de cajas	125
35.	Tabla de parámetros de ajuste en cambio de tamaño	126
36.	Ábaco de lifson	129
37.	Causa – efecto problema alineación <i>liner</i> en embolsadora	140
38.	Causa – efecto problema de sellado de bolsas	141

TABLAS

I.	Análisis ABC de bodega de repuestos	49
II.	Evaluación de consumo de repuestos	52
III.	Base de datos levantamiento de equipo	64
IV.	Levantamiento de rutinas de mantenimiento línea principal	69
V.	Programa de mantenimiento preventivo líneas de empaque	75
VI.	Formato de inspección general de líneas de empaque	76
VII.	Formato de rutina de inspección detectores de metal	78
VIII.	Tabla de frecuencias y tiempos ejecución rutinas línea principal	81
IX.	Programa de mantenimiento de línea de recubrimiento	84
X.	Programa de mantenimiento preventivo línea extrusión	85
XI.	Tabla frecuencias y tiempos ejecución rutinas línea de empaque	88
XII.	Comparación por categoría de mantenimiento	106
XIII.	Comparación por tiempo de ejecución de mantenimiento	107
XIV.	Formato de información a implementar en SAP de bodega	109
XV.	Lista de tareas de mantenimiento	112
XVI.	Listado de tiempos estándar actividades cambio de tamaño	131
XVII.	Parámetros de contadores de alimentador de plegadizo	136
XVIII.	Parámetros estándar en puntos críticos encartonadora	137
XIX.	Parámetros estándar canales programados en sistema	137

GLOSARIO

Inventarios	Los inventarios son las existencias de todo producto o artículo que es utilizado dentro de la empresa.
ABC	Por sus siglas en inglés significa <i>Activity Based Costing</i> , o costeo basado en actividades.
Mantenimiento	Es una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos y máquinas instaladas dentro de una empresa.
SAP	Sistema operativo que controla las transacciones de una empresa.
Stock	Es la cantidad de artículos que se tienen en existencia dentro del almacén.
Área funcional	Representa un espacio físico de la empresa. Son todas las áreas que delimitan los procesos de cada línea de producción de la empresa.
Lista de tareas	Representan las actividades detalladas que debe de realizarse en una rutina de mantenimiento preventivo.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar e implementar la planeación y la programación de las actividades del mantenimiento preventivo y de la administración de la bodega de repuestos para poder implementar eficientemente una nueva plataforma operativa SAP dentro del departamento de mantenimiento.

ESPECÍFICOS

1. Desarrollar un análisis de inventarios ABC para la bodega de repuestos de la empresa y poder identificar los repuestos que representan mayores costos.
2. Crear un programa de mantenimiento preventivo en el que se involucre toda la información referente a rutinas de mantenimiento, frecuencias de ejecución, tiempo de ejecución y procedimientos de trabajo.
3. Establecer y desarrollar métricas y gráficos de mantenimiento que puedan ser utilizados para la evaluación de las actividades del departamento de mantenimiento.
4. Optimizar los recursos del departamento de mantenimiento, con el fin de poder reducir costos en todas las actividades del mismo.

RESUMEN

Debido a la realización de un proyecto de renovación del sistema transaccional de la empresa, el cual involucra a la bodega de repuestos y a las actividades del departamento de mantenimiento, debe obtenerse toda la información referente a los equipos que se encuentran instalados dentro de la empresa, así como la información correspondiente a su mantenimiento, tal es el caso de las rutinas de mantenimiento que deben realizarse, las frecuencias con las que se deberán hacer y los procedimientos que deben seguirse para poder completar una orden de trabajo.

Con este nuevo sistema se tendrá una relación directa entre la bodega de repuestos y las actividades de mantenimiento, por lo que corresponde inicialmente tener una asociación de los repuestos que se encuentran almacenados en la bodega con los equipos que se encuentran instalados en las distintas áreas.

Para el manejo de la bodega de repuestos un análisis de inventarios ABC es muy útil para determinar cuáles son los repuestos críticos que se encuentran almacenados. Con esta identificación que se realiza de los repuestos críticos será posible establecer un control más estricto de cada uno de los componentes para mantener los niveles de existencias adecuados.

Con todos estos aspectos que se obtienen es posible pensar en la optimización de costos y recursos del departamento de mantenimiento y con ello, lograr que las actividades del departamento sean cada vez más eficientes.

Cuando ya se tenga el sistema implementado, se podrán obtener reportes de costos asociados con las líneas de producción, con los equipos instalados y con los tipos de mantenimiento que se realicen. De igual forma se podrán obtener gráficos que reflejen los resultados de las actividades de mantenimiento para obtener parámetros del funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

El proyecto surge por la necesidad de la empresa de obtener la información necesaria de mantenimiento y bodega de repuestos para poder cambiar de sistema de manejo de transacciones. Por esa razón se hace énfasis en varios aspectos que son necesarios para que el proyecto tenga éxito.

En lo que respecta a la bodega de repuestos se debe hacer una asociación de repuestos de la bodega con los equipos de planta y equipos periféricos de la empresa y un análisis de inventarios ABC de la bodega de repuestos, por medio del cual se identificarán los repuestos a los que se les calcularán nuevamente los valores de sus niveles de inventarios.

Dentro de la información necesaria para el módulo de mantenimiento se encuentra un análisis completo de la información de los equipos dentro de la empresa, ya sea de planta o equipos periféricos, para poder identificar y diferenciar los equipos críticos, y poder llevar un control de las especificaciones de cada uno de ellos. Debe establecerse rutinas de mantenimiento preventivo, frecuencias para realizarlas, tiempos estimados de ejecución de trabajos y procedimientos para realizar las rutinas de mantenimiento.

Un análisis de costos del departamento de mantenimiento y la generación de métricas e indicadores de mantenimiento permiten realizar evaluaciones periódicas del desempeño que tiene el departamento de mantenimiento.

Todos estos aspectos permitirán optimizar los recursos del departamento de mantenimiento y minimizar costos.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Es necesario conocer los aspectos generales de la empresa dentro de la cual se desarrollará el proyecto para conocer las actividades a las que se dedica, la visión, la misión y la estructura organizacional, tanto de la empresa como del departamento de mantenimiento, ya que en él se desarrollará el proyecto.

1.1 Actividades a que se dedica

La empresa se dedica a la fabricación de productos alimenticios a base de cereales para consumo masivo. La empresa tiene su casa matriz en Estados Unidos y cuenta con plantas de producción y casas de distribución a lo largo de todo el mundo.

En Guatemala, la empresa se dedica a la fabricación de distintos tipos de cereales a base de maíz, arroz y harina. En la planta de producción se realizan los procesos de producción de los cereales, de recubrimiento y de empaque. Además se encarga de la distribución y venta de los productos en el mercado local y en el mercado centroamericano.

1.2 Visión y misión

➤ **Visión de la empresa:**

Ser la acción de elección en el mercado de alimentos.

➤ **Misión de la empresa:**

Nosotros construimos grandes marcas y hacemos al mundo un poco más feliz, dando lo mejor de nosotros a los consumidores.

1.3 Estructura organizacional de la empresa

La estructura a nivel superior de la empresa es de la siguiente manera:

- Director general de la empresa, el cual tiene a su cargo la administración y manejo de todas las actividades de la empresa.

En un nivel inferior y reportando directamente al director general se encuentran:

- Gerente de marketing
- Gerente de ventas
- Gerente de finanzas
- Gerente de cadena de suministro
- Gerente de recursos humanos

Para la elaboración de este proyecto es necesario conocer la estructura del área de cadena de suministro, la cual es de la siguiente manera:

- Jefe del departamento de compras
- Director de operaciones
- Jefe del departamento de calidad
- Gerente de logística
- Supervisor de innovación

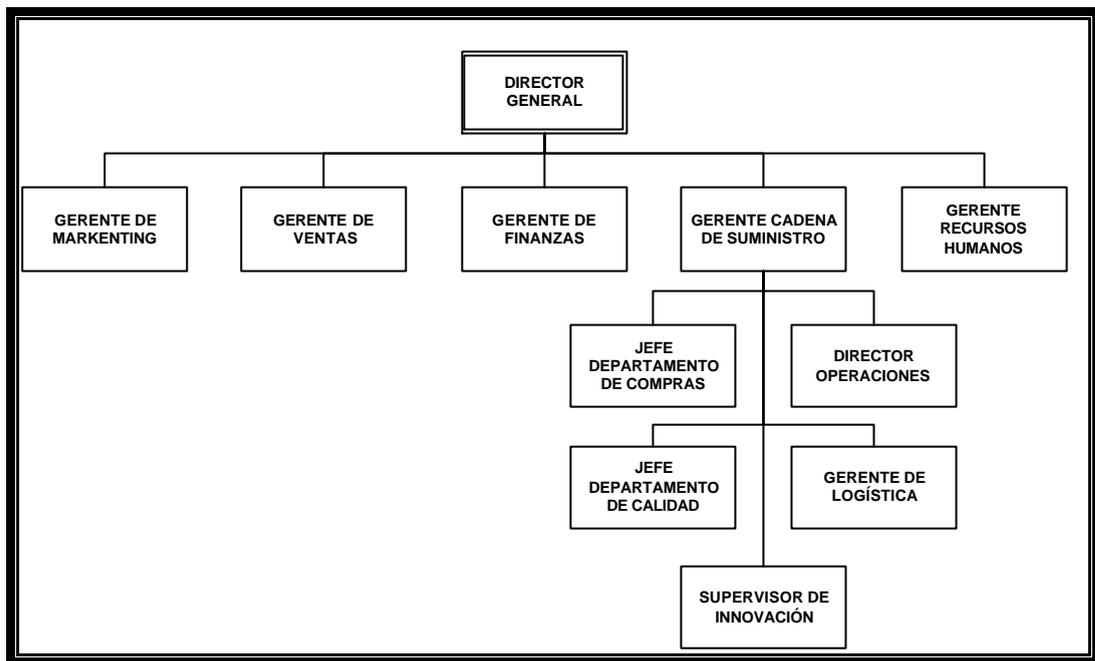
El área de operaciones, la cual se encarga del manejo y operación de la planta de producción se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- Jefe de mantenimiento y proyectos
- Jefe de ingeniería industrial

➤ Jefe de manufactura

En la figura número es posible visualizar la estructura organizacional que ha sido descrita de la empresa.

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa



1.3.1 Actividades del departamento de mantenimiento

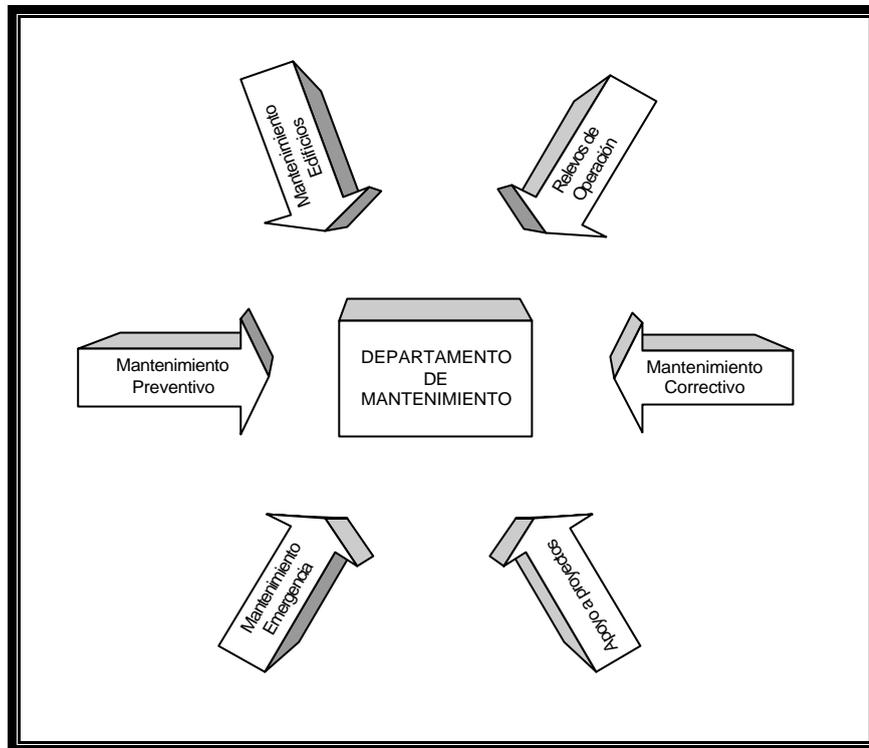
El departamento de mantenimiento se encarga de brindar un servicio para la empresa, ya que se encarga de velar y asegurarse que el funcionamiento de los equipos que se encuentran instalados sea el adecuado y que no fallen.

Dentro de las actividades que realiza el departamento de mantenimiento se encuentran:

- Mantenimiento preventivo de los equipos de planta y equipos periféricos de la empresa.
- Realizar actividades de mantenimiento correctivo y atender llamadas de emergencia de mantenimiento para equipos.
- Realizar mantenimiento en todos los edificios de la empresa, tanto administrativos como de planta.
- Apoyar en desarrollos de proyectos de capital e instalaciones de equipos nuevos.
- Hacer relevos de operación en los tiempos de comida del personal de producción. Estos relevos son realizados en las líneas de empaque por el personal de mantenimiento, para evitar que sean detenidas en tiempos de comidas.
- Atender cualquier solicitud de las distintas áreas y departamentos de la empresa, sea recursos humanos, calidad, seguridad industrial o cualquier otra área que requiera algún servicio en beneficio del fortalecimiento y desarrollo de las políticas de la empresa.
- Encargarse de coordinar a través de empresas contratistas el mantenimiento de los equipos que brindan suministros de energía a la planta de producción. Dentro de éstos equipos se encuentran calderas, compresores, montacargas, aires acondicionados, inyectores de aire.

En la figura número 2 se puede observar un esquema en el que se describen las funciones y actividades que debe ejecutar el departamento de mantenimiento para asegurarse de su cumplimiento y efectividad.

Figura 2. **Actividades que realiza el departamento de mantenimiento**



1.3.2 Estructura del departamento de mantenimiento

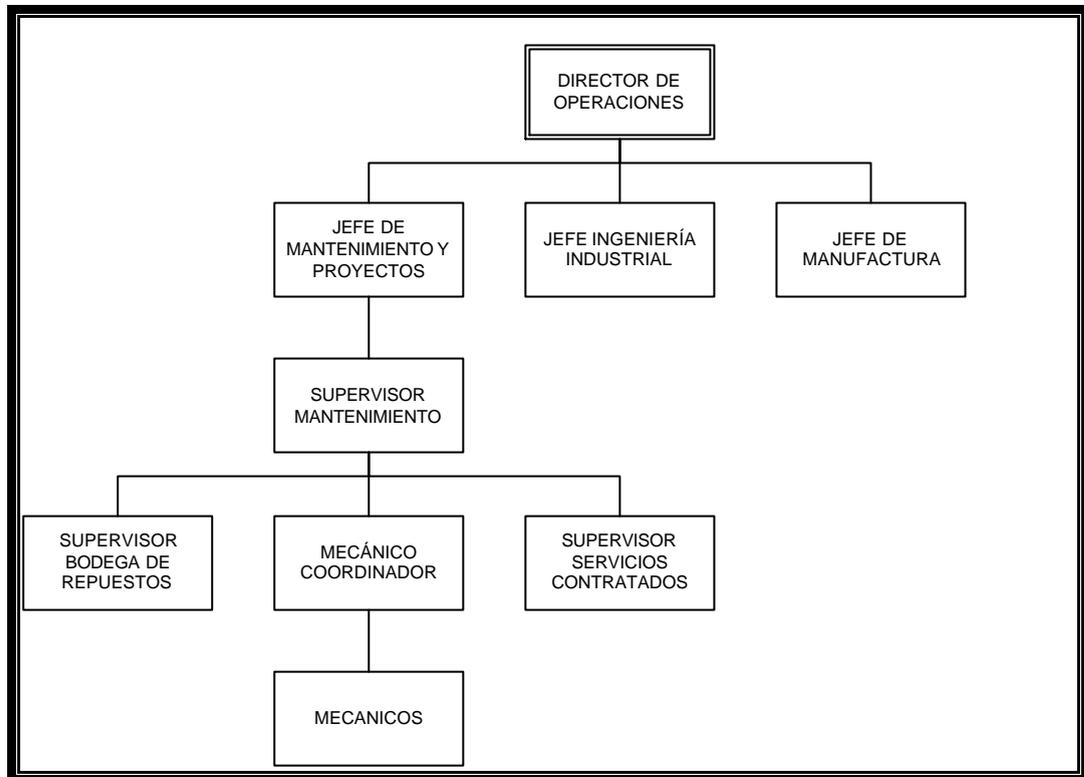
El departamento de mantenimiento se compone de la siguiente forma:

- Jefe de mantenimiento y proyectos: se encarga de controlar y administrar todas las actividades que realiza el departamento de mantenimiento y del estudio y realización de proyectos de capital de la empresa.
- Supervisor de mantenimiento: está encargado del manejo y dirección de las actividades de mantenimiento y de bodega de repuestos, controla presupuestos y adquisición de nuevos equipos.

- Supervisor de servicios contratados: se encarga de planear y ejecutar todas las actividades de mantenimiento que se realizan por medio de empresas contratistas.
- Supervisor de bodega de repuestos: se encarga del manejo y administración de la bodega de repuestos y todas sus transacciones, realiza requisiciones de compra y maneja el almacén.
- Mecánicos coordinadores: tienen doble función. Un 60 % de actividades de tipo administrativo y un 40 % de actividades de campo. Se encargan de supervisar las actividades de campo y estar al tanto de los paros que se producen en las diferentes líneas. De igual forma se encargan del estudio y ejecución de modificaciones en equipos, así como de la instalación de equipos nuevos. Están involucrados en la asignación y supervisión de las actividades de mantenimiento.
- Mecánicos: se encargan de realizar todas las actividades de campo dentro de la planta y en equipos periféricos, entre las cuales se encuentran las reparaciones de emergencia, órdenes de mantenimiento preventivo, correctivo, sanitación, etc. También se encargan de realizar actividades de cambios de tamaño en las líneas de empaque.

En la figura 3 se presenta el organigrama del área de operaciones, en donde se detalla la estructura que tiene el departamento de mantenimiento de la empresa, y en el cual se puede observar la forma de reporte que tiene cada una de las posiciones que se describieron anteriormente.

Figura 3. Estructura del Departamento de Mantenimiento



2. MARCO TEÓRICO

A lo largo de este capítulo serán descritos y enumerados los fundamentos teóricos de los conceptos que se aplicarán y desarrollarán en el proyecto. Serán enumerados los conceptos de administración de inventarios y los aspectos importantes del mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

2.1 Inventarios

Los inventarios son un conjunto de bienes y obligaciones con las que cuenta una institución, que comprende el activo en sus balances generales. Generalmente, se analizan los inventarios para tener un control sobre estos bienes para poder determinar cuando hay que reabastecerlos. Los inventarios son las existencias de todo producto o artículo que es utilizado dentro de la empresa.

Un sistema de inventarios es un conjunto de políticas y controles que supervisa los niveles de inventario y determina cuáles son los niveles que deben ser mantenidos, el momento en el que debe reabastecerse el inventario de los artículos y el tamaño de los pedidos que deben efectuarse.

Para poder mantener un control interno adecuado debe tomarse en cuenta varios elementos importantes:

- Realizar inventarios físicos periódicamente.
- Mantener en buen estado el área física del almacén para que los artículos se conserven de la mejor manera y no sufran daños.

- Mantener los niveles adecuados de existencias.
- Optimizar las operaciones del departamento de compras para que los requerimientos se cumplan en el tiempo necesario.

2.2 Tipos de inventarios

Dentro de una empresa los inventarios juegan un papel determinante y varían de acuerdo con los procesos de cada empresa.

Los tipos de inventarios más comunes son:

- **Inventario de materia prima.** En ellos se almacenan los suministros que serán sometidos al proceso de producción de la empresa para elaborar el producto.
- **Inventario de productos en proceso.** Son inventarios de productos que ya han sido procesados pero que no han sido finalizados, por lo que es necesario que sean almacenados en lo que termina su proceso de producción.
- **Inventario de producto terminado.** En ellos se almacena el producto que ha finalizado el proceso de producción de la planta, a la espera de ser despachado a los clientes.
- **Inventario de repuestos.** Algunas empresas manejan inventarios de repuestos, con el objetivo de mantener piezas que utilizan los equipos instalados en la empresa y evitar que al momento de fallar algún componente se provoque un paro de producción por no haber repuestos para componer los equipos.

2.3 Inventarios ABC

Un aspecto importante para el análisis y administración de inventarios es la determinación de los artículos que representan la mayor parte del valor del inventario en términos monetarios, para que sea justificable la inversión que se tiene. Para poder determinar cuáles son estos artículos se utiliza la clasificación de inventarios ABC.

2.3.1 Definición

Los artículos que representan la mayor parte del inventario en términos monetarios no necesariamente son los de mayor precio unitario, tampoco los que se consumen en mayor proporción, sino aquellos cuyas valorizaciones constituyen altos porcentajes dentro del valor del inventario total. Generalmente sucede que, aproximadamente el veinte por ciento del total de los artículos almacenados, representan un ochenta por ciento del inventario, mientras que el restante ochenta por ciento del total de los artículos inventariados, alcanza el veinte por ciento del valor de inventario total.

El gráfico ABC (por sus siglas en inglés *Activity Based Costing*, o costeo basado en actividades) es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes.

2.3.2 Aplicación

La aplicación del análisis de inventarios ABC está orientada a:

- Determinar la participación monetaria de cada uno de los artículos en el valor total del inventario.

- Determinar cuáles son los artículos críticos para la empresa y sobre los cuales se debe tener especial cuidado en su administración.
- Optimizar los pedidos de los consumidores de estos productos.
- Establecer un sistema de control estricto para los artículos más críticos, o que representan la mayor parte del valor de la bodega.

2.3.3 Ventajas

Al realizar un análisis de inventarios ABC se puede tener claro cuáles son los artículos críticos de la bodega y en los cuales se concentra el mayor porcentaje de costos de la misma. De esta forma será posible establecer sistemas de control estrictos para su manejo y optimización.

Generalmente un sistema de manejo de inventarios basado en un análisis ABC tiene tres ventajas esenciales:

1. Ayuda a la administración de la bodega a obtener mejor información sobre sus procesos y actividades, mejorando en forma continua su operación.
2. La administración puede racionalizar y optimizar el desarrollo de su personal, de sus costos y de sus activos.
3. La organización de la bodega se torna más ágil.

2.4 Administración de inventarios

La administración de inventarios está centrada en cuatro puntos de vista básicos:

- a. ¿Cuál es el número de unidades que deberían ordenarse o producirse en un momento determinado?
- b. ¿Cuál es el momento apropiado en el que se debe realizar un nuevo pedido de producto o producir para tener en inventario?
- c. ¿A qué artículo del inventario es necesario prestarle mayor atención, debido a la importancia que tiene dentro del almacén?
- d. Considerando las fluctuaciones de costos de los diferentes artículos involucrados en el inventario, ¿puede una institución protegerse de estos cambios?.

Los inventarios ABC son el punto de partida de una buena administración de inventarios, ya que por medio de este análisis se puede establecer un estricto control sobre los artículos almacenados que tienen mayor participación monetaria y que son críticos dentro del inventario.

2.5 Mantenimiento

El mantenimiento es una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos y máquinas instaladas dentro de una empresa. La confiabilidad en los equipos se refiere a la probabilidad de que un equipo se desempeñe del modo que se había propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones especificadas de operación.

Las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

¿Qué se busca obtener con un buen mantenimiento?

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

2.6 Tipos de mantenimiento

Existen diferentes tipos de mantenimiento, entre los cuales están:

- **Mantenimiento de emergencia:** ocurre cuando se presenta una falla inesperada en los equipos y es necesaria la intervención del personal de mantenimiento para solucionar el problema de manera inmediata y efectiva para evitar que se produzcan paros significativos en las líneas de producción.

- **Mantenimiento correctivo:** ocurre cuando algún componente de algún equipo falla sin previo aviso, por lo que es necesario repararlo o cambiarlo, dependiendo de las condiciones en las que se encuentre. Este tipo de mantenimiento por lo general, puede esperar a que el equipo se detenga para que pueda ser realizada la actividad.
- **Mantenimiento preventivo:** tiene como propósito prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.
- **Mantenimiento productivo total:** este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes. Centra entonces el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento a ser realizadas en pequeños grupos, mediante una conducción motivadora.

2.7 Funciones específicas del mantenimiento

Las funciones específicas del mantenimiento se clasifican en tres tipos dependiendo de la naturaleza de su actuación.

2.7.1 Mantenimiento de emergencia

Se pueden dividir las funciones del mantenimiento de emergencia en reparación de averías y mantenimiento de averías.

La reparación de averías es una reacción que se produce cuando la máquina ha dejado de funcionar provocando un paro de producción para poder reestablecer el flujo de producto.

El mantenimiento de avería ha sido previsto, pero no se logró detectar a tiempo, por lo que no se había realizado, pero se estaba preparado para afrontar la situación y reparar los equipos, por lo que solamente se reparará con los elementos necesarios.

2.7.2 Mantenimiento correctivo programado

El mantenimiento correctivo se encarga de corregir aquellas averías o anomalías sistemáticas que se presentan en máquinas o instalaciones, llegando incluso al cambio de material o de diseño con el objeto de suprimirlas o, por lo menos, de alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo.

También se encarga del reacondicionamiento de máquinas o instalaciones que por su uso ya se encuentran en condiciones que hacen difícil conseguir una marcha correcta o mantener una calidad de fabricación que exige producción.

2.7.3 Mantenimiento preventivo programado

Un programa de mantenimiento preventivo, en la acción de mantener en buen estado el equipo, se realiza a través de las visitas, revisiones, lubricación periódica y limpieza.

- **Visitas:** las visitas son inspecciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado y para seguir la evolución de las anomalías aparecidas para atacarlas antes de que se conviertan en averías.

- **Revisiones:** son intervenciones que se realizan sobre instalaciones o máquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa, reparándolas con el fin de dejar el equipo en condiciones de funcionamiento que evite la aparición de averías.

Cuando se realizan revisiones deben desmontarse partes de las máquinas o instalaciones cuando se haya detectado la posibilidad de existencia de anomalías. Deben repararse las anomalías que han sido previamente señaladas por las visitas. Y por último, debe sustituirse o reemplazarse las piezas sujetas a desgaste rápido de acuerdo con un programa establecido con anticipación.

- **Lubricación periódica:** es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo, ya que la vida útil de un equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de averías son consecuencia de lubricación defectuosa. La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto a la localización de puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, cambio y limpieza, tipos de lubricantes se refiere.
- **Limpieza:** incluye actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión de los equipos.

2.8 Eficiencia del mantenimiento

La eficiencia del mantenimiento depende del punto de vista desde el cual se visualice, por ejemplo:

- Desde el punto de vista de control de costos, la eficiencia del mantenimiento podrá medirse en función de la capacidad del

departamento del mismo a fin de no sobrepasar el presupuesto de materiales y mano de obra.

- Desde el punto de vista de operaciones, el mantenimiento es eficiente si impide las averías o en caso de que existieran, si vuelve a poner en servicio el equipo en el menor tiempo posible.

Como se puede apreciar, la eficiencia del mantenimiento tiene diferentes aspectos que deben considerarse y que dependen de la persona que realice los análisis.

2.9 Planificación

La solución de los elevados costos de mantenimiento y la reducción de la producción es planificar el mantenimiento. Si en la planta no existe un programa de mantenimiento, los problemas de paros de equipos son inminentes, por lo que el departamento de mantenimiento se verá en la necesidad de redoblar esfuerzos para lograr la puesta en marcha de los equipos.

Existen programas exhaustivos de mantenimiento preventivo que cubren detalladamente los componentes de cada máquina con inspecciones periódicas incluyendo registros del estado de las piezas revisadas y los cambios realizados o reemplazos de partes. Permite localizar puntos o áreas específicas que deben ser reparadas antes de que fallen.

Otro tipo de programas de mantenimiento se basa en un buen programa de monitoreo de las condiciones de funcionamiento de la maquinaria y lubricación.

Los factores que controlarán la magnitud de un programa de mantenimiento son los siguientes:

- Costo del programa, comparado con la reducción de costos totales de reparación y el incremento en el rendimiento de la maquinaria y equipo.
- Porcentaje de utilización del equipo al que se da mantenimiento.
- Incidencia de la máquina en el proceso.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo debe hacerse con mucha cautela, debido a que el costo de establecerlo pudiera ser superior al costo de aplicar el mantenimiento de tipo correctivo.

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se analizarán las condiciones en las que se encuentra la bodega de repuestos y las actividades de mantenimiento de la empresa antes del desarrollo del proyecto. Se analizarán los aspectos relevantes y que tienen relación con la implementación que se llevará a cabo, para conocer las deficiencias y puntos débiles que existen actualmente.

3.1 Antecedentes

El departamento de mantenimiento de la empresa posee un software de mantenimiento con el cual se trabajan las órdenes de trabajo en forma manual y alguna documentación del equipo de la empresa. Existen rutinas de mantenimiento con procedimientos dentro del sistema para las actividades que se realizan de mantenimiento preventivo de las líneas de empaque, pero se requiere explotar de una mejor manera todas las herramientas que ofrece el software.

La bodega de repuestos cuenta con un sistema corporativo con plataforma *oracle*, el cual está asociado a los movimientos financieros de la compañía. Por medio de este sistema se puede tener el control de los repuestos que se den de alta y baja dentro del inventario, y tener administración de ellos.

Adicional al sistema para la administración de la bodega de repuestos se agregará un módulo SAP en mantenimiento para la planificación, programación y control del mantenimiento en general. Toda la información necesaria se encuentra almacenada en el software de mantenimiento PMC y en algunos apuntes manuales.

Toda la información acerca de equipos, las rutinas de mantenimiento preventivo que se realizan y algunos procedimientos que se tienen documentados son las bases del funcionamiento que tiene el departamento de mantenimiento dentro de la empresa.

Actualmente, no existe una asociación directa de los repuestos con los equipos para la programación de los mantenimientos, con lo cual se pueda establecer la disponibilidad de ellos durante los paros de mantenimiento preventivo, cuantificar los costos de mantenimiento por equipos y que pueda ser utilizada para presupuestar los gastos anuales.

3.2 Funcionamiento de la bodega de repuestos

En los siguientes apartados se hará un análisis de las actividades que realiza la bodega de repuestos, las políticas y procedimientos que tiene la empresa para la compra y renovación de los componentes que se utilizan para las actividades de mantenimiento .

3.2.1 Análisis de las actividades que se realizan

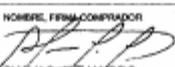
La bodega de repuestos se encarga de la administración de los repuestos de la empresa. Dentro de ella se almacena todo tipo de repuestos para los equipos que se encuentran dentro de la planta de producción y para los equipos periféricos de la empresa. También se encuentran almacenados algunos suministros que se utilizan en la planta de producción y en los edificios de la empresa.

Los repuestos pueden ser utilizados por los mecánicos del departamento de mantenimiento para realizar cualquier reparación dentro de la planta, o por contratistas, que se encargan de hacer mantenimientos a los equipos periféricos y en los edificios de la empresa.

Adicionalmente, la bodega de repuestos se encarga de realizar todas las requisiciones de compra que solicite el departamento de mantenimiento, las cuales son aprobadas por el supervisor de mantenimiento para que se realice la orden de compra.

En la figura 4 se puede observar el formato de una orden de compra, la cual se le entrega al proveedor para que pueda facturar los productos y entregarlos a la empresa.

Figura 4. Formato de orden de compra en oracle

CONTRATO - ORDEN DE COMPRA CONTRACT - PURCHASE ORDER		FECHA OC. PO DATE 22-JAN-2004					
PROVEEDOR SUPPLIER	NUMERO NUMBER 13991/0	RELEASE VERSION 0/0	STANDARD				
FERRO HIERROS INDUSTRIALES DE CASA 18 AVENIDA 11 45 Z 12 TEL.: 4735620 FAX.: 4406106	FAVOR DE INCLUIR ESTE NUMERO DE ORDEN DE COMPRA EN SU FACTURA. PLEASE INCLUDE THE PURCHASE ORDER NUMBER IN YOUR INVOICE.						
CONDICIONES DE PAGO PAYMENT TERMS Pago a 60 Dias							
OBSERVACIONES SOLIC. BODREP.		NOTES					
LN LINE	QUANT QTY	UOM UOM	UNIT PRICE UNIT PRICE	DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	REQ. DATE FECHA DE REQUISICIÓN	UNIT PRICE UNIT PRICE	TOTAL TOTAL
1	1	UNT	70000092	Electrodo 3/32 6013		10.60	10.60
Req. line=11385:1							
2	1	UNT	70000092	Locilla rojo 271		196.00	196.00
Req. line=11385:2							
3	1	UNT	70000092	Locilla verde 680/620		186.91	186.91
Req. line=11385:3							
4	1	UNT	70000092	Locilla verde 680/620		186.91	186.91
Req. line=11385:4							
5	2	UNT	70000092	Lija para agua #80		3.10	6.20
Req. line=11385:5							
6	1	UNT	70000092	Lija para agua #80		3.10	3.10
Req. line=11385:6							
7	2	UNT	70000092	Lija para agua #80		3.10	6.20
Req. line=11385:7							
8	1	UNT	70000092	Lija para agua #80		3.10	3.10
Req. line=11385:8							
9	1	UNT	70000092	Lija para agua #80		3.10	3.10
Req. line=11385:9							
Valor total del Documento: Cuetzales							
NOMBRE, FIRMA, COMPROBADOR  CHAVARIN BELTRAN							

La bodega de repuestos también es responsable de documentar todas las actividades de mantenimiento realizadas por los mecánicos

1. Que de acuerdo con los niveles de inventario del repuesto, éste haya llegado a su valor mínimo en el sistema y que el mismo haga una sugerencia, para que el repuesto sea comprado.

En la figura número 6 se puede observar la pantalla que despliega el sistema de oracle cuando genera sugerencias. Este reporte le sirve como base al encargado de la bodega de repuestos para poder generar las requisiciones de compra para los repuestos que deben ser reabastecidos, de acuerdo con los niveles de inventarios establecidos dentro del sistema.

Figura 6. Vista de generación de sugerencias en el sistema.

Codigo	Parte/Refaccion	Cant. Req.	Cant. Aprob.	Requerido	Transferido
600153780	KEY, 125X1.5, 10277A0873	2	0		<input type="checkbox"/>
600150292	DISCOS PARA CORTAR 9 "	0	5	11-02-2004	<input type="checkbox"/>
600153781	GEAR SPUR 18T 12P. 625B 10097A1928	2	0		<input type="checkbox"/>
600153384	ABRAZADERA P/ MANGUERA DE 1"	0	8	11-02-2004	<input type="checkbox"/>
600153782	BEARING, BALL .375 BORE NO. 10117A0038	4	0		<input type="checkbox"/>
600153335	ABRAZADERA P/MANGUERA DE 1/2"	0	8	11-02-2004	<input type="checkbox"/>
600153783	SPUR GEAR 12P-72T, 10097A1695	2	0		<input type="checkbox"/>
600153784	MITER GEAR 12P-21T, 10097A1696	4	0		<input type="checkbox"/>
600153785	O'RING, 10387A0898	2	0		<input type="checkbox"/>

2. De acuerdo con la experiencia de la persona encargada en bodega, que puede observar si es necesario comprar un repuesto para que se mantengan sus niveles de inventario.

3. Cuando se realiza mantenimiento preventivo es necesario cambiar componentes o repuestos que no se almacenan dentro de la bodega, por lo que es necesario adquirirlos en el menor tiempo posible y tenerlos preparados.
4. Cada cierto tiempo se hacen mantenimientos completos a los equipos del área de empaque, para lo que es necesario comprar repuestos muy especiales, que no se mantienen en stock dentro de la bodega, por lo que el departamento de mantenimiento elabora el listado de los repuestos que son necesarios para dicha actividad. Por lo general, la frecuencia con la que se realizan estos mantenimientos, es de dos a tres años para cada equipo.
5. Para algunos repuestos y suministros que tienen una alta rotación dentro de la empresa se maneja una política de compra de consignación, lo que significa que estos artículos se almacenan dentro de la bodega de repuestos pero son propiedad de su proveedor, y se cancelan hasta que han sido consumidos. Esta política se tiene con repuestos de alta rotación como cojinetes, cadenas, lubricantes; y con suministros como desinfectantes, toallas, jabones, tintas, artículos de limpieza, entre otros.

3.2.3 Procedimientos de compra de repuestos

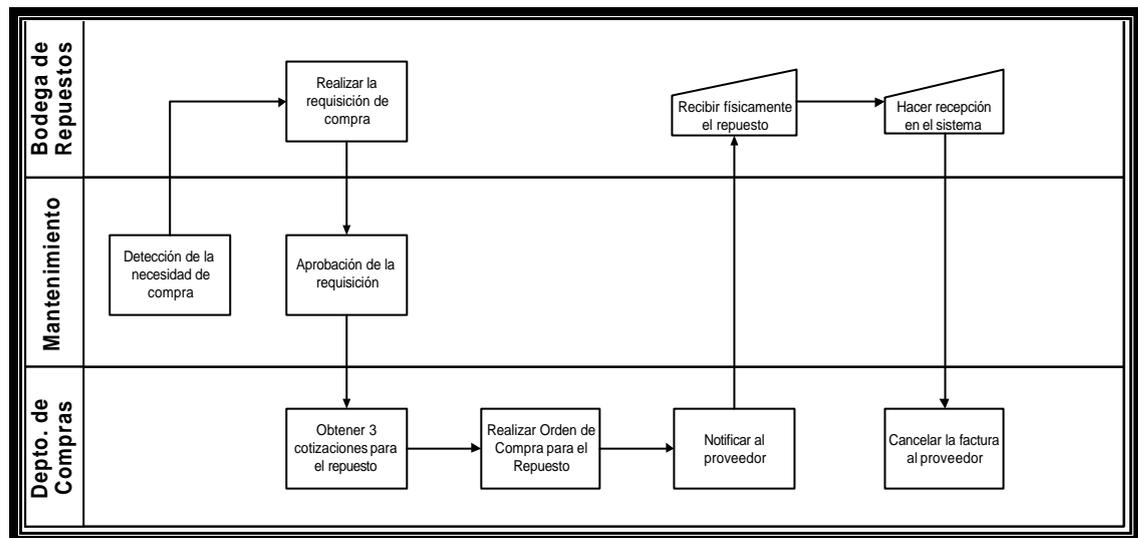
El procedimiento para comprar repuestos dentro de la empresa es el siguiente:

1. Primero se debe detectar la necesidad de compra del repuesto, ya sea para reabastecer los niveles de inventario de la bodega de repuestos o por alguna solicitud especial.

2. Se realiza una requisición de compra para el repuesto dentro del sistema que se maneja en la bodega de repuestos.
3. La requisición debe ser aprobada por la persona encargada dentro del departamento de mantenimiento, dependiendo del monto, puede ser aprobada por el supervisor de mantenimiento, por el jefe de mantenimiento o por el gerente de operaciones.
4. Después de ser aprobada la requisición, pasa al departamento de compras con la persona encargada de realizar las compras de repuestos.
5. El encargado de compras debe obtener tres cotizaciones de diferentes proveedores para el repuesto solicitado, para que se pueda obtener la mejor opción de compra para la empresa.
6. Cuando se ha definido la mejor opción de compra, se realiza la orden de compra para el repuesto, en el sistema. Ésta es realizada por el encargado del departamento de compras.
7. Después de que la orden de compra ha sido realizada, el proveedor es notificado para que pueda entregar el producto y hacer la factura.
8. Se recibe físicamente el producto en la bodega de repuestos de la empresa.
9. Se hace una recepción del producto en el sistema, con lo cual se cargan las unidades en el mismo, y ya se puede hacer uso de ellos.
10. Se cancela el producto al proveedor, de acuerdo con la política de crédito que haya sido negociada.

En la figura 7 es posible visualizar el flujo que debe seguirse para la compra de repuestos. Este diagrama describe cada una de las actividades que realizan las diferentes áreas que intervienen, siendo éstas: la bodega de repuestos, el departamento de mantenimiento y el departamento de compras.

Figura 7. **Proceso de compra de repuestos para mantenimiento.**



3.3 Funcionamiento de las actividades de mantenimiento

Para poder tener una idea más clara del funcionamiento del departamento de mantenimiento, es necesario que se conozca la forma actual de trabajo del mismo, describiendo las funciones que realiza cada posición dentro del departamento, la planeación de las actividades de mantenimiento y la asignación de tareas dentro del departamento.

3.3.1 Análisis de puestos del departamento

La estructura de puestos del departamento de mantenimiento está distribuida de la siguiente forma:

- **Jefe de mantenimiento y proyectos:** se encarga del manejo y administración del departamento de mantenimiento y de proyectos especiales de la empresa. Se encarga de las funciones de tipo administrativo, mayormente enfocado en los proyectos de capital de la empresa.

- **Supervisor de mantenimiento:** es el encargado de controlar y administrar el departamento de mantenimiento. Está enfocado principalmente al manejo y control del presupuesto del departamento, de la toma de decisiones y control de la bodega de repuestos, del manejo del personal del departamento, realizar reportes de las actividades de mantenimiento hacia otras áreas, entre otras actividades. Las actividades administrativas que realiza le absorben la mayor parte del tiempo y no se enfoca en la planeación del mantenimiento.

- **Supervisor de servicios contratados:** se encarga de la planeación del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos periféricos de la empresa. También coordina y planea las actividades realizadas por los contratistas que prestan algún servicio a la empresa. Adicionalmente a estas actividades, debe llevar el control de la planilla de mecánicos de mantenimiento, lo que absorbe gran parte del tiempo y resta eficiencia a las otras actividades que debe realizar.

- **Supervisor de la bodega de repuestos:** es el encargado del manejo de la bodega de repuestos, controla los valores del inventario, se encarga de realizar las requisiciones para el departamento de mantenimiento, entregar repuestos a los mecánicos, recibe repuestos en la bodega, hace recibos de repuestos en el sistema, entre otros.

- **Mecánicos coordinadores:** tienen funciones administrativas y de campo en el departamento. Se encargan de mantener comunicación constante con los supervisores de producción con el objetivo de coordinar mantenimientos y de que los procesos sean eficientes. Se encarga de comunicar todas las actividades que se realizan por parte del departamento al supervisor de mantenimiento. Asigna y supervisa las actividades de mantenimiento a los mecánicos. Debido a que las actividades de campo que debe realizar son bastantes y absorben bastante tiempo, no siempre se logra realizar las actividades administrativas que tiene asignadas.

- **Mecánicos:** se encargan de realizar labores de campo de mantenimiento, entre las que están: realizar mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos planeados, mantenimientos de emergencia durante operación de la planta, relevos de operación en las líneas de empaque, rutinas de revisiones de líneas de empaque y de calibración de detectores de metales. Debido a las tareas que realizan, no siempre llenan sus reportes adecuadamente, y no contribuyen a que sean documentadas las tareas de mantenimiento. Los relevos de operación que realizan les absorben tiempo que podría ser utilizado en actividades propias de mantenimiento.

- **Auxiliares de bodega:** su función es la de realizar despachos de requerimientos por parte de mecánicos de mantenimiento, contratistas o personal de limpieza. También realizan recibos de repuestos físicamente y dentro del sistema de administración de bodega de repuestos. Adicionalmente a sus funciones directas dentro de la bodega de repuestos, realizan relevos de operación en líneas de empaque y se encargan de realizar las órdenes de mantenimiento para las bitácoras de turno de los mecánicos de mantenimiento.

La función que realizan del llenado de bitácoras de mecánicos les absorbe bastante tiempo que podría ser aprovechado en alguna otra función.

3.3.2 Análisis del *software* de mantenimiento que se maneja

El paquete de mantenimiento para computadora que se utiliza dentro de la empresa tiene el nombre de PMC-2000. El programa básicamente es una base de datos en la plataforma de *aces* que trabaja por medio de tablas de registros, relacionadas entre sí, con el fin de administrar un sistema de mantenimiento preventivo dentro de la empresa. Este programa tiene básicamente las siguientes funciones:

Para la generación de órdenes de trabajo tiene la capacidad de generar órdenes de trabajo de manera manual, o de manera automática aquellas en las cuales se conoce la frecuencia con la que se debe realizar dicha orden, ahorrando el trabajo de volver a realizar la orden de trabajo y de recabar la información necesaria cada vez que se tenga que realizar, y de esta forma se logra que el programa de mantenimiento preventivo de la empresa mantenga una buena eficiencia y mejore sustancialmente. Sin embargo, dentro de la empresa no se utiliza esta función del sistema, y las órdenes de trabajo son generadas manualmente por los mecánicos coordinadores.

En la figura 8 puede observarse la estructura que tiene una orden de trabajo de mantenimiento planeado preventivo generada por el programa de mantenimiento que tiene la empresa. En la misma se describe la actividad que debe realizarse, el equipo en el cual se debe hacer y algunos datos del mismo, para que sea más fácil su ubicación.

Figura 8. Orden de trabajo de mantenimiento preventivo

8/2/04 4:10:51 PM Page: 1

WORK ORDER - 10 Mantenimiento Planeado Preventivo

Orden Trabajo 73446 Descripción Revisión del sistema de magazine

ID Equipo	LANFAM	Modelo	B1.0AL	Priori:	8/4/04
Eq:	815 Encartonadora Langen Familiar	#Serie:	10-686-20-322	Prioridad	0
Proced:		Ubicació:	Linea de Empaque Familiar	Turno	1
ID OT Maestr:		Edificio:		Supervisor	Marvin Benjamin masa
Pedida por	Erick Boche	Piso:		Sala:	Estado: Abierta
Teléf:		Ext:	Parar equipo <input checked="" type="checkbox"/>	Parar planta	<input type="checkbox"/>
Experiencia					

MObra		ID Costo	Hrs. est.	Hrs. Pen	Reg	Extra	Dobles	Otro	Fecha
Descripción de Oficio	Desc. MObra		0.00	0.00					/ /
Electricista	Jose Noel Grajeda								

Inform. para terminar: Cntra/Cntr. vers:

Fecha Supervisor Empezó Cuenta real: 0

Turno Down Time Terminó Contador real: 0

Para el manejo de información de mantenimiento de la empresa, posee la capacidad de manejar toda la información referente a los equipos de la empresa, con el objetivo de tener un manejo y control exhaustivo de los mismos. Así como se lleva el control de los equipos, de igual forma se puede llevar el control todas las piezas que involucra cada uno de los equipos de la empresa, siempre que estén almacenados en la bodega, para establecer un mejor control de repuestos y de existencias en bodegas.

También puede tenerse la información principal del personal de mantenimiento. De igual forma a la información de los empleados, se puede llevar el mismo registro para personas que tienen otro tipo de relación con la empresa, como contratistas, proveedores, entre otros.

Se pueden establecer procedimientos específicos para la realización de las órdenes de trabajo. Estos procedimientos deben estructurarse de acuerdo con tareas específicas de mantenimiento, las cuales deben ser colocadas dentro de la orden de trabajo en forma manual, ya que el sistema

no permite que se generen automáticamente las órdenes de trabajo ni que las rutinas tengan asociados los procedimientos automáticamente.

El programa tiene la capacidad de generar informes preestablecidos por el programa, por ejemplo, se pueden sacar resúmenes de los equipos de acuerdo a su ID, o se puede generar el mismo informe solamente que basándonos en la ubicación que tiene el equipo. De la misma forma se pueden generar informes para ver el estado en el que se encuentran las órdenes de trabajo, o se pueden generar informes para ver procedimientos, tareas, etc. Como complemento a la generación de informes, se pueden generar gráficos preestablecidos de mantenimiento para visualizar resultados y relaciones del programa.

La capacidad para el manejo del mantenimiento que tiene el software es bastante amplio, sin embargo dentro de la empresa no se aprovecha ni siquiera en un 50 %, ya que únicamente se utiliza para la generación de órdenes de trabajo en forma manual, desaprovechando las opciones de planeación y de relación con la bodega de repuestos.

Es importante destacar de que para el manejo y administración de la bodega de repuestos y compras de los mismos, se utiliza un software independiente a éste, por lo que no existe una relación directa entre la información de mantenimiento y la información de la bodega de repuestos.

3.3.3 Planeación de mantenimiento correctivo

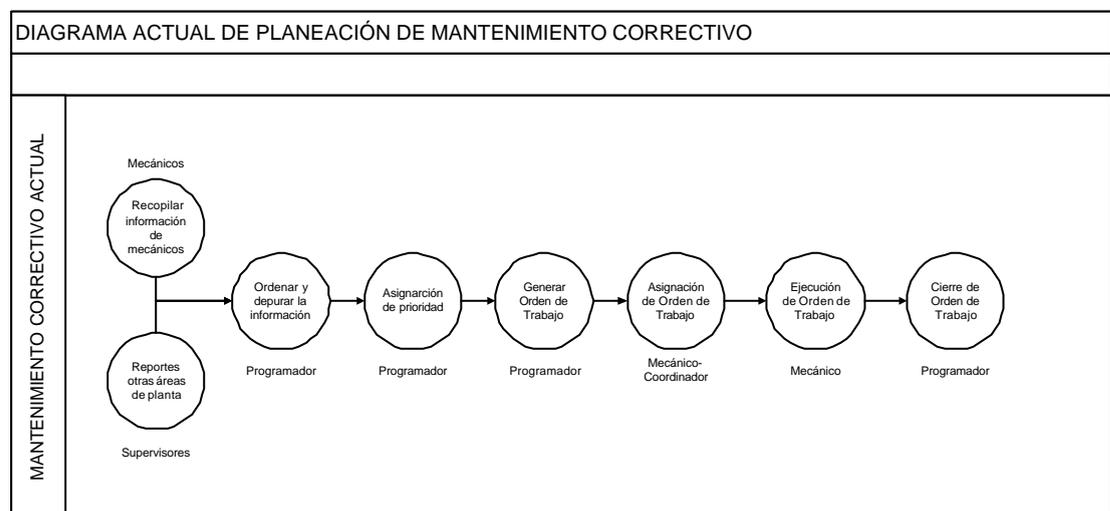
Cuando un paro de planta o de alguna línea de producción se acerca, se solicita a cada mecánico un listado de posibles trabajos correctivos que sean necesarios en el área en la que se desenvuelve, para poder evaluar si es posible su ejecución. Esto se hace debido a que los mecánicos son las personas que se desenvuelven en el área y están en contacto directo con los equipos, conociendo sus necesidades.

Adicionalmente al listado de trabajos proporcionado por los mecánicos se evalúan los trabajos y solicitudes de mantenimiento que son efectuadas por los supervisores de producción, por los operadores de cada una de las áreas de la planta, por el encargado de seguridad industrial y por el encargado de sanitación de la planta.

Cuando se han consolidado todos los trabajos y se ha hecho una priorización de los mismos por parte del mecánico coordinador que esté de turno, se procede a generar las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo planeado y se ejecutan en el paro del equipo.

En la figura 9 puede observarse la forma actual de realizar la planeación de mantenimiento correctivo dentro del departamento de mantenimiento de la empresa.

Figura 9. Flujo de planeación de mantenimiento correctivo



Cuando se trata de mantenimientos correctivos de emergencia, se cuenta con cinco personas, entre mecánicos y electricistas, que se encargan de atender cualquier problema que pueda surgir en el área de proceso o en el área de empaque.

Estas personas se encargan de realizar todos los trabajos de emergencia que puedan surgir durante su turno de trabajo. Para documentar todas sus actividades llenan un formato en donde colocan la duración de las mismas, la descripción, el equipo en el cual trabajaron, el tiempo de paro, el equipo en el que ocurrió la falla, la razón de la falla. Al final del turno, cada mecánico entrega este formato lleno en la bodega de repuestos, para que sean los bodegueros los que realicen las órdenes de trabajo en el sistema y las cierren en ese momento. Este formato se presentó en la figura número 5 de la página 22.

3.3.4 Planeación de mantenimiento preventivo

La planeación del mantenimiento preventivo es muy similar a la planeación del mantenimiento correctivo. Los mecánicos coordinadores son los encargados de llevar un control de las rutinas de mantenimiento que deben realizarse en los equipos de planta. Ellos evalúan las necesidades, y de acuerdo con la disponibilidad de tiempo y de personal que se tendrá para trabajar, proceden a programar las rutinas de mantenimiento.

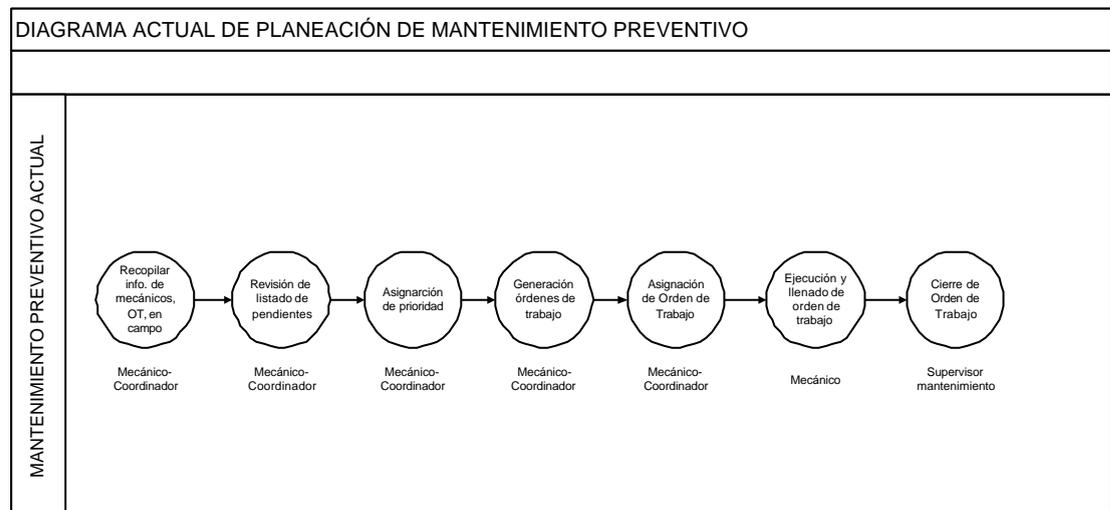
Los mecánicos coordinadores se encargan de generar las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivas para los trabajos y posteriormente las asignan a los mecánicos de acuerdo con el área en la que se desenvuelve. Cabe resaltar que el control que se lleva es de forma manual en archivos en hojas electrónicas o resúmenes impresos de los mantenimientos efectuados en las diferentes líneas de producción. No se tiene un plan establecido de rutinas para las diferentes líneas de producción, se utiliza en su mayoría, el criterio de los mecánicos coordinadores y de los mecánicos de cada una de las áreas.

Cuando los trabajos han sido efectuados satisfactoriamente, cada mecánico procede a llenar la orden de trabajo que le fue entregada, colocando la fecha de realización de la actividad y el tiempo de ejecución.

Adicionalmente, el mecánico puede colocar en la misma orden de trabajo alguna observación que sea necesaria, como la utilización de algún repuesto, o notificación acerca de algún componente que esté próximo a fallar. Cuando la orden está debidamente llena, es entregada a los mecánicos coordinadores quienes se encargan de llevarlas a bodega de repuestos o a la oficina de mantenimiento para que el supervisor de mantenimiento pueda cerrarlas dentro del sistema de mantenimiento, después de haber considerado cualquier observación que pudo haber colocado la persona que la ejecutó.

En la figura 10 se puede apreciar la forma en la que se realiza la planeación de mantenimiento preventivo, en donde el mecánico coordinador realiza bastante labor de programación de mantenimiento

Figura 10. Flujo de planeación de mantenimiento preventivo



La información que pueda ser colocada dentro de las órdenes de trabajo por parte de la persona que las ejecutó puede ser utilizada como base para la planificación y programación de mantenimiento, compra de repuestos y establecimiento de frecuencias, sin embargo, debido a la limitación de tiempo, muchas veces no se aprovecha debidamente.

3.3.5 Asignación de tareas de mantenimiento

La asignación de las actividades de mantenimiento está a cargo de los mecánicos coordinadores del departamento. Esta asignación utiliza como criterio primario la experiencia y la especialidad que posee el mecánico dentro de la planta. Hay dos grupos definidos, de acuerdo con las dos grandes áreas de la planta: los que trabajan en el área de proceso y los que trabajan en el área de empaque.

Por lo general, los trabajos de tipo correctivo, son asignados a las personas que tienen un conocimiento más profundo y técnico de los equipos del área. Estas personas sirven de apoyo para las personas que no tienen la misma experiencia y que tienen que aprender a conocer los equipos para lograr ejecutar los trabajos adecuadamente. Sin embargo, un problema evidente es que no existen procedimientos estandarizados para ejecutar las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo, sino que las tareas que se realicen para cada rutina quedan a criterio del ejecutante, de acuerdo con la experiencia que tenga en los equipos y al tiempo disponible que se tenga para cumplir con todos los requerimientos.

También se debe tomar en cuenta la especialidad que tiene cada persona, ya que dentro del departamento hay mecánicos, electricistas y personas que tienen conocimientos de mecánica y electricidad, por lo que es necesario tenerlo claro a la hora de asignar las actividades. Esto hará que el trabajo sea más eficiente. Ocasionalmente, esto puede llegar a causar problemas, debido a que hay tareas que requieren conocimientos mecánicos y eléctricos, y por lo mismo no pueden ser ejecutadas solamente por una persona, sino que tiene que intervenir una de cada especialidad.

3.4 Evaluación del desempeño del departamento

Para poder evaluar el desempeño del departamento, dentro de la empresa se efectúan evaluaciones de desempeño de cada uno de los elementos que laboran dentro del departamento, en los cuales se toman aspectos como colaboración, disponibilidad, conocimientos técnicos, puntualidad, entre otros aspectos.

Sin embargo, para medir el desempeño de las actividades que desarrolla el departamento de mantenimiento, el programa proporciona varias gráficas y reportes, por medio de los cuales se pueden visualizar las actividades de mantenimiento que se han registrado en el sistema. Una de las gráficas que más se utiliza es la que muestra el total de órdenes de mantenimiento que se han generado en un período de tiempo, especificando por medio de porcentajes el tipo de orden de mantenimiento que ha sido generada, estos tipos de orden pueden ser: mantenimiento planeado preventivo, mantenimiento planeado correctivo, ajustes, sanitación, relevos de operación, mantenimiento de emergencia, mantenimientos de edificios, apoyo, capacitación, mantenimiento predictivo u otros tipos de falla.

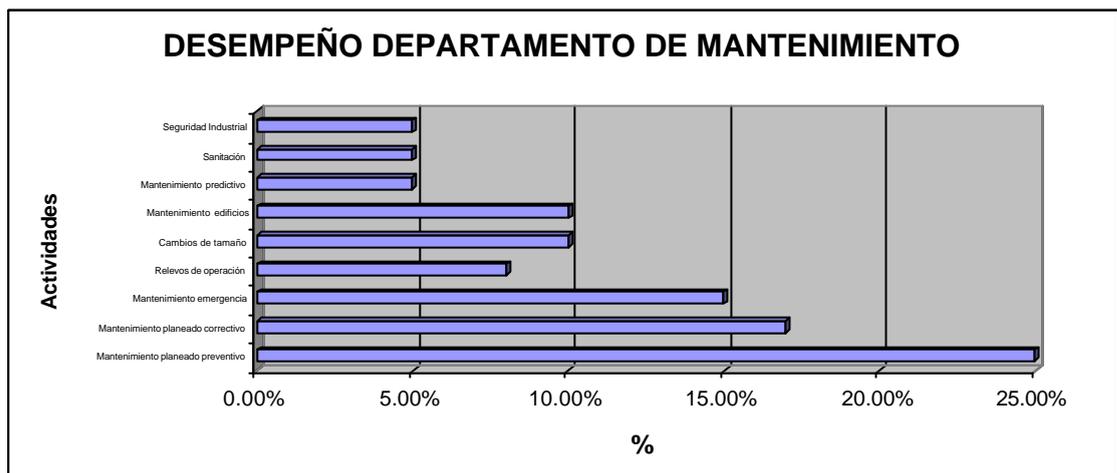
Por medio de este gráfico se puede tener una idea muy general de cómo se han desarrollado las actividades de mantenimiento. Adicionalmente, a diario se tiene una reunión con las demás áreas involucradas en operaciones: manufactura, calidad, seguridad industrial, ingeniería industrial; con el objetivo de hacer un recuento de las actividades del día anterior y validar las eficiencias obtenidas. En esta reunión se discuten tiempos de paro de equipos, que pueden ser responsabilidad de mantenimiento o posibles paros futuros de equipos, para que mantenimiento pueda prepararse para trabajar en ellos.

Uno de los mayores problemas que se presentan a la hora de generar gráficos, es de que los resultados que se presenten dependen en buena parte de los reportes diarios de las actividades de mantenimiento que llenan los mecánicos, y muchas veces éstos no son llenados debidamente, lo que

puede llegar a ocasionar que los resultados que sean visualizados a través de los gráficos tengan mucha variación en cuanto a los valores reales.

En la figura 11 se puede visualizar un ejemplo del desempeño del departamento de mantenimiento durante un período de tiempo de un mes, en donde se ven reflejadas todas las actividades diarias que realizan los mecánicos de mantenimientos, así como las actividades programadas de mantenimiento planeado correctivo y preventivo. Los porcentajes representan las órdenes creadas para cada tipo de actividad.

Figura 11. **Gráfico de desempeño del departamento de mantenimiento**



3.5 Procedimientos de cambios de tamaño

Dentro de la planta de producción de la empresa existen cinco líneas de empaque para el producto. Estas líneas se encargan de empaclar el producto de la forma en la que saldrá al mercado. Dos de estas líneas tienen la flexibilidad de poder empaclar el producto en diferentes presentaciones y tamaños, dependiendo del tipo de producto y el peso del mismo. Es por esta razón que cada vez que se requiere cambiar de tamaño de empaque el personal de mantenimiento se encarga de hacer los ajustes y modificaciones necesarias a los equipos.

Actualmente, cuando se requiere hacer un cambio de tamaño en las líneas de empaque el supervisor de producción notifica al departamento de mantenimiento de los requerimientos para empaquetar, para que se pueda realizar el procedimiento de cambio de tamaño en la línea. Existen dos puntos críticos en este procedimiento: la encartonadora y la empaquetadora de fardos. Dependiendo de la disponibilidad del personal, dos o tres mecánicos del área de empaque se encargan de realizar el cambio de tamaño en la encartonadora y los dos mecánicos de proceso se encargan de hacer los ajustes en la empaquetadora de fardos.

El procedimiento que se utiliza para realizar los cambios de tamaño está documentado, sin embargo, en la práctica queda a criterio de las personas que estén ejecutando la tarea, el procedimiento y el orden que utilicen para realizar el cambio de tamaño. Con el fin de optimizar los recursos y de hacer más eficientes los procesos, debe seguirse un orden estructurado para hacer los ajustes en la encartonadora, ya que de esta forma se optimiza tiempo y recursos.

Como se mencionó, el cambio de tamaño en la encartonadora se realiza por lo menos con dos personas, sin embargo el tiempo de duración del mismo oscila entre las dos horas con quince minutos y las dos horas con cuarenta y cinco minutos, dependiendo de las personas que participen. Es por esta razón que deben establecerse parámetros estándar para la realización de los cambios de tamaño, con el fin de poder reducir este tiempo y optimizar los recursos de personal de mantenimiento, debido a que se han dado casos en los cuales un cambio de tamaño puede prolongarse hasta tres hora y media.

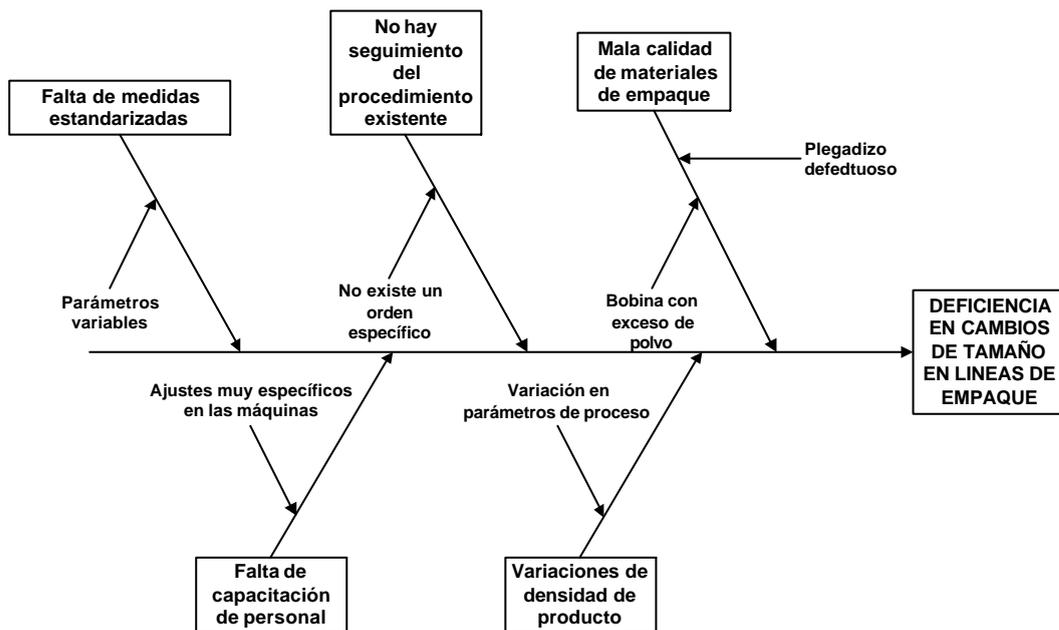
Adicionalmente al tiempo de paro por el cambio de tamaño, hay que considerar cierto tiempo adicional para realizar ajustes en la máquina, ya que después de finalizado el cambio de tamaño, cuando ya empieza a empacarse el producto, existen algunas variaciones que necesitan ser

ajustadas. Estas variaciones pueden ser ajenas al equipo, y pueden estar ocasionadas por factores como: mala calidad de los materiales de empaque, el tipo de producto que se está empackando, errores por parte de las personas que están operando los equipos o por variaciones en la densidad del producto.

En la figura 12 se hace un resumen de las principales causas que han originado que existan deficiencias y tiempos excesivos de paros en las líneas de empaque durante la realización de cambios de tamaño.

Figura 12. **Causa – efecto en cambios de tamaño**

CAUSAS DE DEFICIENCIAS EN CAMBIOS DE TAMAÑOS



4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

Después de que han sido presentadas las debilidades y áreas de oportunidad de los procesos de mantenimiento, se presentarán las propuestas de implementación del proyecto. Estas propuestas están enfocadas en la bodega de repuestos y en las actividades de mantenimiento preventivo de la planta, y servirán como punto de partida para la implementación del nuevo sistema que administrará las transacciones de éstas áreas.

4.1 Bodega de repuestos

El inventario de la bodega de repuestos tiene una gran importancia para el desarrollo eficiente de las actividades de mantenimiento. Por esta razón, la propuesta de implementación hacia la bodega de repuestos está orientada en la asociación de componentes con cada equipo, el análisis de los repuestos que son más críticos y que tienen la mayor participación económica dentro del inventario y los valores correctos para los niveles máximos y mínimos para administrar cada repuesto.

En la figura 13, se puede observar una fotografía de la bodega de repuestos. Debe tener las siguientes características físicas:

- Debe ser un espacio físico debidamente cerrado y bien definido.
- Debe contener un área bien definida para la recepción de partes.
- Debe estar localizada bastante cerca del taller de mantenimiento y del área de trabajo del planeador de mantenimiento. También debe

estar convenientemente localizada cerca del área de recepción de la empresa.

- Deben existir áreas bien definidas para el almacenamiento y recepción de partes de compra directa y debe estar separada del área de partes inventariadas.

Figura 13. **Bodega de repuestos**



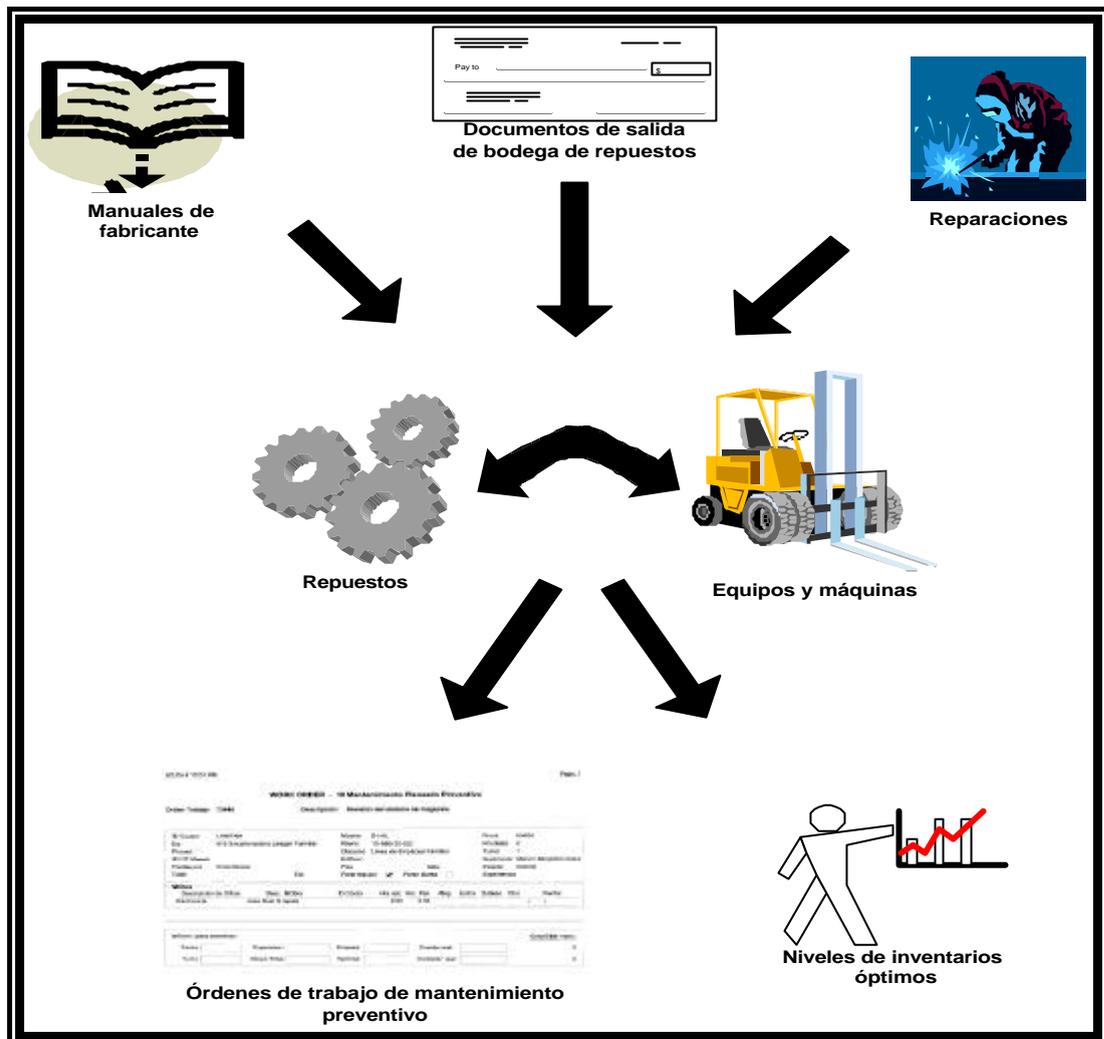
4.1.1 Asociación de repuestos con equipos

Para poder tener un sistema de mantenimiento preventivo eficiente es de vital importancia la relación que tenga la bodega de repuestos con la planeación del mantenimiento. Esto se debe a que la existencia de repuestos dentro de la bodega debe estar ligada a la utilización de los mismos en el mantenimiento preventivo y por lo mismo, debe existir una planificación para su utilización.

En la figura 14 se aprecia el proceso que lleva la asociación de repuestos a los equipos. El proceso comienza con la recopilación de la información de las diferentes fuentes hasta verse reflejado en la generación

y ejecución eficiente de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y la correcta administración de la bodega de repuestos.

Figura 14. **Proceso de asociación de repuestos**



Para tener un manejo eficiente de los inventarios de bodega de repuestos, es necesario que la persona encargada de planear los mantenimientos preventivos tenga claro cuáles son los repuestos que se utilizan en cada equipo de la planta. Esto debido a que hay repuestos que se tienen que pedir al extranjero, o repuestos que no tienen rotación dentro de la bodega y por lo mismo se tiene una cantidad muy pequeña en existencia o incluso no se tiene el repuesto.

La integración de las actividades de bodega de repuestos y de mantenimiento preventivo se hace por medio de un sistema que sea capaz de relacionar las órdenes de trabajo con el manejo de niveles de inventario, para que por medio de órdenes de trabajo de mantenimiento sea posible realizar reservaciones de repuestos. El sistema debe ser capaz de analizar las existencias, los valores de niveles máximos y mínimos que se manejan y las reservaciones que se hagan por medio de órdenes de trabajo, con el fin de poder satisfacer todas las necesidades y mantener los niveles ideales de inventarios dentro de la bodega.

Para realizar una asociación de los repuestos que se almacenan en el almacén de partes y los equipos que posee la planta se debe tomar en consideración la frecuencia con la que fallan los mismos y que es necesario cambiarlos, la procedencia de los repuestos, debido a que existen varios repuestos que hay que pedirlos directamente al fabricante en otro país, por lo que su tiempo de llegada es prolongado.

Cada equipo tiene un manual proporcionado por el fabricante, en el cual se enumeran sus distintos componentes, y se sugiere la lista de repuestos que es recomendable mantener en existencia dentro de la bodega de repuestos. Sin embargo, los equipos no siempre están expuestos a las mismas condiciones de trabajo, esto se refiere a las cargas a las que están expuestos sus componentes, la temperatura de trabajo, la contaminación por polvo u otras partículas externas a las que puede estar sometidas el equipo, presiones de trabajo; las cuales variarán de acuerdo con el equipo que se esté describiendo.

Cuando no se tiene una historia certera para el control de utilización de repuestos, es necesario acudir a los documentos que se manejan dentro de la bodega de repuestos. Una buena fuente de información para poder asociar los repuestos son los documentos de salida, los cuales son llenados en la bodega de repuestos cuando cualquier repuesto sale. En este

documento se colocan los siguientes datos: fecha, equipo en donde se colocará el repuesto, centro de costo, cantidad, código del repuesto, descripción del mismo, nombre de la persona que solicita el repuesto, nombre de la persona que lo entrega, nombre de la persona que autoriza la salida del repuesto. Por medio de la historia registrada en estos documentos, es posible ir obteniendo información acerca de los repuestos que mayor utilización tienen y los equipos en los que se colocan.

Debe tomarse en cuenta de que hay repuestos que son utilizados por varios equipos, éste es el caso de cojinetes, retenedores, sellos u otro tipo de partes que son de uso general. Es importante poder identificar la mayor parte de equipos en los cuales se utilizan, debido a que son repuestos que por su múltiple funcionalidad, tienen una rotación alta dentro de la bodega y deben estar en existencia, siempre.

Tomando como base un estudio de los manuales que el fabricante proporciona para cada equipo y la información que puede obtenerse de la bodega de repuestos para el comportamiento de salida de repuestos, se puede realizar una asociación de los repuestos con los equipos de la empresa, que complementada con un buen manejo de los niveles de inventarios contribuyen a tener un manejo eficiente de la bodega de repuestos.

La asociación de los repuestos con los equipos de la planta son de vital importancia, ya que muchas veces no se tiene un conocimiento de los componentes internos de un equipo hasta que falla y hay que reemplazarlo, encontrándose con el inconveniente de que no se encuentra almacenado dentro de la bodega de repuestos, por lo cual el problema resulta ser mucho más grande y se deben buscar soluciones rápidas y alternas para que el equipo pueda seguir trabajando. Para evitar este tipo de inconvenientes y poder brindar un servicio de mantenimiento efectivo el departamento de

mantenimiento debe tener conocimiento de los equipos críticos de la planta y todos sus componentes.

4.1.2 Inventarios ABC

Un sistema de control de inventarios ABC es una herramienta importante para determinar cuáles son los artículos que representan el mayor costo para la bodega de repuestos de la empresa. Estos artículos no necesariamente son los que tienen el mayor precio unitario ni los que se consumen en una mayor proporción, sino los que con una mezcla de estos aspectos: su precio unitario y su consumo, constituyen un porcentaje alto para la bodega de repuestos.

Generalmente, los artículos que representan el mayor porcentaje de costo del inventario total, que sería un 80%, son en realidad el 20% del total de artículos que se encuentran almacenados dentro de la bodega de repuestos. Por consiguiente, el 80% restante de artículos almacenados representa únicamente un 20% del costo total. Es por esto que es de vital importancia para la empresa identificar cuáles artículos se encuentran dentro de cada grupo, para poder enfocar sus atenciones de manejo y administración al 20 % de artículos que representan el mayor costo para la empresa.

Para el análisis de la bodega de repuestos se utilizaron los valores de costo unitario y de existencias de los repuestos dentro del almacén, con el objetivo de poder determinar y separar el grupo de repuestos que representan la mayor cantidad de costos de la bodega.

En la tabla I es posible observar una muestra de la base de datos que se formó para hacer el análisis ABC de la bodega de repuestos de la empresa. La primera columna es la descripción que tiene el repuesto dentro del sistema, la segunda columna representa las existencias del repuesto, la

siguiente columna brinda la información referente a los precios promedio que tienen los repuestos, el cual varía de acuerdo con el precio unitario de cada compra y en la última columna se puede observar el costo total que representa ese artículo para la bodega de repuestos (costo promedio multiplicado por las existencias).

Tabla I. Análisis ABC de la bodega de repuestos.

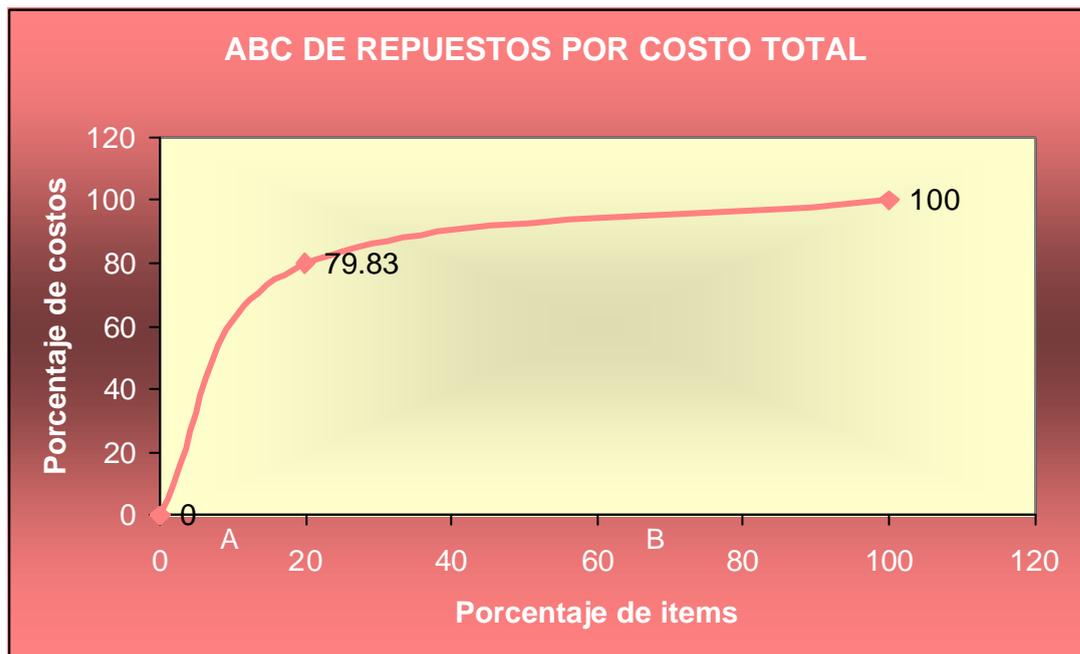
Descripcion	Existencia	Costo Prom (Q.)	Costo (Q.)
TARJETA ELECTRONICA	1	38330.65	38330.65
CHAROLA PERFORADA INOXIDABLE	20	1877.03	37540.69
CHAROLA INOXIDABLE	25	1482.63	37065.75
PC BOARD	1	36887.59	36887.59
DISPLAY DEVICE	3	12209.1	36627.31
POLYCARBONATE BUCKET	19	1847.62	35104.82
BUCKER CARRIER	11	2856.62	31422.78
SLIDE BAM	34	882.51	30005.32
KIT PARA BOQUILLA .008 CON AGUJA	10	2886.03	28860.34
STANDARD ALT & PERF CUT & LINEAR	20	1443	28859.91
CANGILON PLASTICO BLANCO	14	2035.45	28496.31
CONTROLADOR PROGRAMABLE	1	27823.8	27823.8
CONTROL DE TEMPERATURA	3	8942.57	26827.71
COMPONENTE ELECTRICO	3	8927.39	26782.18
CANGILON PLASTICO	18	1471.99	26495.76
MAGNETIC VALVE 110 4E1 24VAC	22	1193.08	26247.84
BUCKET BLUE MOULD #33	9	2817.86	25360.72
TARJETA ELECTRONICA	1	24864.45	24864.45
SLIDE TUCHER	28	887.74	24856.85
CILINDRO NEUMATICO	3	8285.12	24855.37
SONDA	39	610	23790.13
CILINDROS NEUMATICOS	46	511.61	23534.19
TOGGLE ARM	24	974.74	23393.69
TARGETA I/O	1	22752.19	22752.19
NON-PERFORATED CONVEYOR PLATES/GIRT	10	2236.93	22369.31
PRESSURE TRANSDUCER 0-5000 PSI	5	4279.59	21397.93
RETENEDOR CR-1250110	10	2109.81	21098.11
REDUCTO4R GRBX	1	21040.29	21040.29
COMPRESSION PAD EACH	10	2058.02	20580.15

El dato más importante para realizar el análisis es el costo total de cada uno de los repuestos. Este representa el valor que significa para la empresa tener almacenado ese repuesto. De acuerdo con la base de datos

de bodega de repuestos se pudo determinar que se analizaron 2919 artículos de la bodega, entre repuestos y suministros.

En la figura 15 se ilustran los resultados obtenidos para el análisis ABC de la bodega de repuestos en forma gráfica. El resultado del análisis revela que para la bodega de repuestos, el 19.97% de repuestos, equivalente a 583 ítems, representan el 79.83% del costo total de la bodega. Dentro de este grupo se encuentra gran parte de los repuestos del área de empaque, los cuales tienen una buena rotación y algunos de ellos deben pedirse directamente al fabricante, que se encuentra fuera del país.

Figura 15. **Gráfica de resultado de análisis ABC de acuerdo con el costo total de la bodega de repuestos**



Para funcionalidad en el análisis dentro de la bodega de repuestos solamente se crearon dos clasificaciones para los repuestos: la clasificación A, en la cual se encuentran los repuestos críticos y que representan el mayor costo dentro de la bodega, y la clasificación B, en la cual se encuentra el

80% de todos los repuestos almacenados dentro de la bodega, los cuales por el costo que representan y por la cantidad, no serán motivo de análisis.

4.1.3 Actualización y cálculo de máximos y mínimos de repuestos principales

El inventario de repuestos representa una parte importante de la administración del mantenimiento preventivo de la empresa, ya que por su medio pueden reflejarse las virtudes o los posibles errores internos que puede haber dentro de la administración. Por medio de los inventarios es posible apreciar la eficiencia de la planificación de los recursos de mantenimiento.

Para realizar la actualización y cálculo de los valores de inventarios que se manejan dentro de la bodega de repuestos de la empresa, se tomarán como base inicial los repuestos de la clasificación A obtenida en el análisis ABC anterior. Este criterio se aplica, debido a que estos repuestos son los que tienen un mayor impacto económico para la empresa, por lo que un mal manejo podría representar gastos innecesarios por exceso de existencias o bien podría provocar pérdidas económicas para la empresa, ya que muchos de estos repuestos no se encuentran comercialmente en el mercado local, por lo que si se diera el caso de falla de alguno de estos componentes, provocaría un paro de producción y pérdidas económicas.

Para poder realizar una buena planificación de los inventarios es importante que se tomen en consideración los siguientes aspectos: la predicción de la demanda, que el tamaño de pedidos sea eficiente, el nivel de servicio de los proveedores y el establecimiento de controles dentro de la bodega de repuestos. Para realizar la actualización de los niveles de inventarios dentro de la bodega de repuestos de la empresa se utilizará una estrategia de punto de reorden.

Ya que fueron identificados por medio del análisis ABC los repuestos que van a ser analizados, es necesario obtener la información referente a los consumos que han tenido estos durante los últimos meses con el fin de obtener los promedios de consumos que han tenido estos repuestos y su desviación estándar, de acuerdo con los períodos de tiempo.

En la tabla II es posible observar el registro de consumos que puede obtenerse en forma manual para cada uno de los repuestos críticos de la bodega de repuestos. Esta tabla muestra la descripción de cada repuesto, el costo unitario que tienen y el consumo de cada uno de ellos en cada mes, utilizando un período de referencia no menor de un año.

Tabla II. Evaluación de consumo de repuestos

DESCRIPCION	UBI	V. UNI	UNID	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2004	2004	2004	2004	CONSUMO
				ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT	OCT.	NOV	DIC	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	CONSUMO		
BEARING # 15237 A 0018	1 B5	18.19	26	0	0	0	10	25	0	0	4	14	0	0	0	4	0	1	0	0	0	7	285.00	
KNIFE 10137A0405	1 I27	296.38	35	8	4	3	5	3	3	4	3	5	4	3	4	1	5	3	1	4	1		182.00	
BUSHING 00107S0001	1 B5	21.29	72	0	26	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160.00
CUCHILLAS KNIFE 10137 A0437	1 I27	320.94	25	4	3	4	2	5	4	0	5	2	2	2	2	3	1	3	0	1	2		161.00	
GUARDA POLVO A0197 B 1015	1 B4	72.42	36	23	0	0	0	11	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	10	151.00	
CILINDROS NEUMATICOS P0217S0044	1 B3	427.48	24	4	1	0	11	4	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14	0	1	125.00	
BUSHING P0107S0003	1 B5	40.24	50	0	56	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125.00
BELT RED 10197 A 0540	1 F12	200.53	23	0	0	2	6	2	4	2	5	0	4	0	0	6	4	0	0	4	2		106.00	
MAGNETIC VALVE 110 4E1 24VAC #	1 B3	1193.04	21	5	2	0	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	67.00	
BUSHING P0107S0004	1 B5	38.18	36	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.00
BUSHING 10107A0713	1 H6	30.47	14	0	2	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	47.00
INSERTOS 03037A2869 P/TUBOS FORM	1 I20	655.82	12	0	0	0	4	4	2	2	0	0	0	0	0	1	8	2	2	6	2		66.00	
EMPAQUE DE FIELTRO 03027A830	1 I23	3.18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	38.00
CILINDROS NEUMATICOS 10217 A	1 I10	512.03	41	3	4	2	2	0	0	5	0	1	0	3	1	4	1	1	1	2	3		65.00	
SONDAS 10327A1088	1 I09	808.54	38	1	0	1	6	0	0	0	4	0	1	2	0	5	1	0	1	1	0	0	0	53.00
LINK DRIVE 03026A1530	1 I28	2,085.43	6	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	33.00
BEARING OILITE SLIVE (BUSHING)	1 I22	75.77	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.00
COLLAR CLAMP 250-B-S S. 10027A	1 I15	89.39	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	26.00
BEARING ER 3/4 B 10117A0276	1 I21	285.51	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.00

El *fill rate* es el dato que se refiere al nivel de servicio real. Es un indicador que representa el nivel de cumplimiento a partir de la magnitud de la ruptura, se utiliza dependiendo del grado de importancia que tengan los repuestos, ya que este valor es directamente proporcional al grado de importancia de stock del repuesto dentro de la bodega. Para los repuestos críticos se tomará un valor para el nivel de servicio real del 90%.

Debido a que para los repuestos se tienen tiempos de entrega variables debe aplicarse una desviación estándar combinada que involucre

estos tiempos de entrega y el consumo de repuestos. Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$\sigma_c = \text{raíz} (t_e * \sigma_d^2 + d_d^2 * \sigma_t^2)$$

de donde,

t_e = Tiempo medio de entrega del producto por parte de los proveedores

σ_d^2 = Varianza de la demanda (consumos de repuestos)

d_d^2 = Promedio de consumos de repuestos dentro de la planta

σ_t^2 = Varianza del tiempo de entrega por parte de los proveedores

La cantidad de reorden va a ser determinada por la siguiente fórmula:

$$RQ = d * t_e$$

En donde, d es la demanda o consumo del repuesto y t_e es el promedio del tiempo de entrega del repuestos a la bodega de repuestos.

Los pedidos RQ cubren la demanda del período de respuesta o *lead time*.

Para poder encontrar el valor del factor de seguridad (k) y obtener el *stock* de seguridad, se debe obtener otra variable, el valor esperado de faltantes en el ciclo de reposición $E(k)$, el cual se obtiene de la siguiente fórmula:

$$E(k) = (1-FR/\sigma_c)Q$$

Donde:

FR = Nivel de servicio real (constante en nuestro caso)

σ_c = Desviación estándar combinada

Q = Tamaño del pedido

E(k) = Valor esperado de faltantes en el ciclo de reposición

Después de obtener el valor de E(k), debe recurrirse a la tabla de factores del *stock* de seguridad para poder obtener el factor de seguridad (k). Ya con este valor, puede calcularse el *stock* de seguridad de la siguiente manera:

$$S.S. = K * \sigma_c$$

Donde:

S.S. = *Stock* de seguridad

K = Factor de seguridad

σ_c = Desviación estándar combinada

El *stock* de seguridad representa el valor de resguardo respecto de variaciones que no han sido previstas en la demanda de repuestos.

Para visualizar de una mejor manera todo el proceso, puede tomarse como referencia uno de los repuestos críticos dentro de la bodega:

Se tomará como ejemplo las cuchillas que se utilizan en las máquinas embolsadoras de las líneas de empaque, las cuales tienen una alta rotación dentro de la bodega de repuestos.

La información con la que se cuenta para realizar el análisis es la siguiente:

El *fill rate* o nivel de servicio real se asumirá como un 90 %, debido a su importancia y rotación dentro de la planta, también a que son varias las máquinas en el área de empaque que utilizan este repuesto y la bodega de repuestos no puede permitir que no haya stock de este repuesto.

- Tiempo medio de entrega del repuesto (t_e) = 5.07 semanas
- Varianza de los consumos de repuestos (σ_d^2) = 0.6889
- Promedio de consumos de repuestos dentro de la planta (d_d^2) = 1.60
- Varianza del tiempo de entrega del repuesto (σ_t^2) = 2.2201 semanas

Con estos valores puede determinarse la desviación estándar combinada:

$$\sigma_c = \text{raíz} (5.07 * 0.6889 + 1.60^2 * 2.2201)$$

$$\sigma_c = 3.0292$$

La cantidad de reorden será entonces:

$$RQ = 1.60 * 5.07 = 8.11$$

El valor esperado de faltantes en el ciclo de reposición será el siguiente:

$$E(k) = (1-0.9/3.0292)4.62 = 0.15$$

Con el valor esperado de faltantes en el ciclo de reposición se recurre a la tabla de factores del stock de seguridad, para encontrar el factor de seguridad (k):

E(k)	K
0.1421	0.70
0.15	x
0.1679	0.60

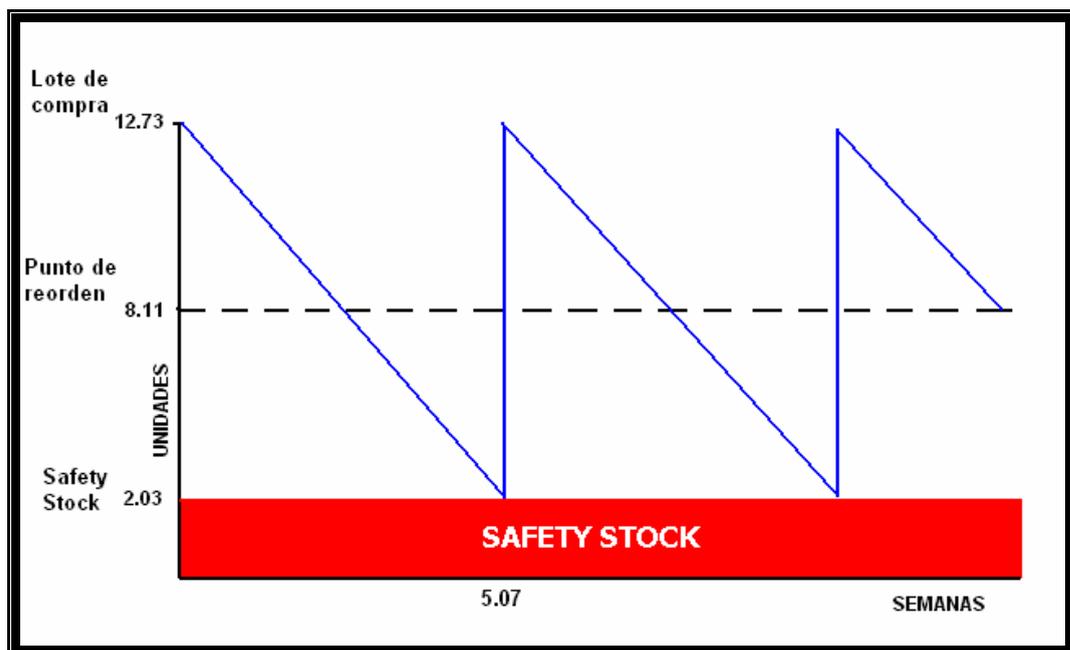
Interpolando el valor de $K = 0.67$

Con este valor, es posible calcular el valor del *stock* de seguridad de la siguiente forma:

$$S.S. = 0.67 * 3.0292 = 2.03$$

En la figura 16 están reflejados los resultados obtenidos para el ejemplo de las cuchillas. Muestra el comportamiento que tienen los pedidos de reorden, de acuerdo con los resultados obtenidos en la aplicación del modelo.

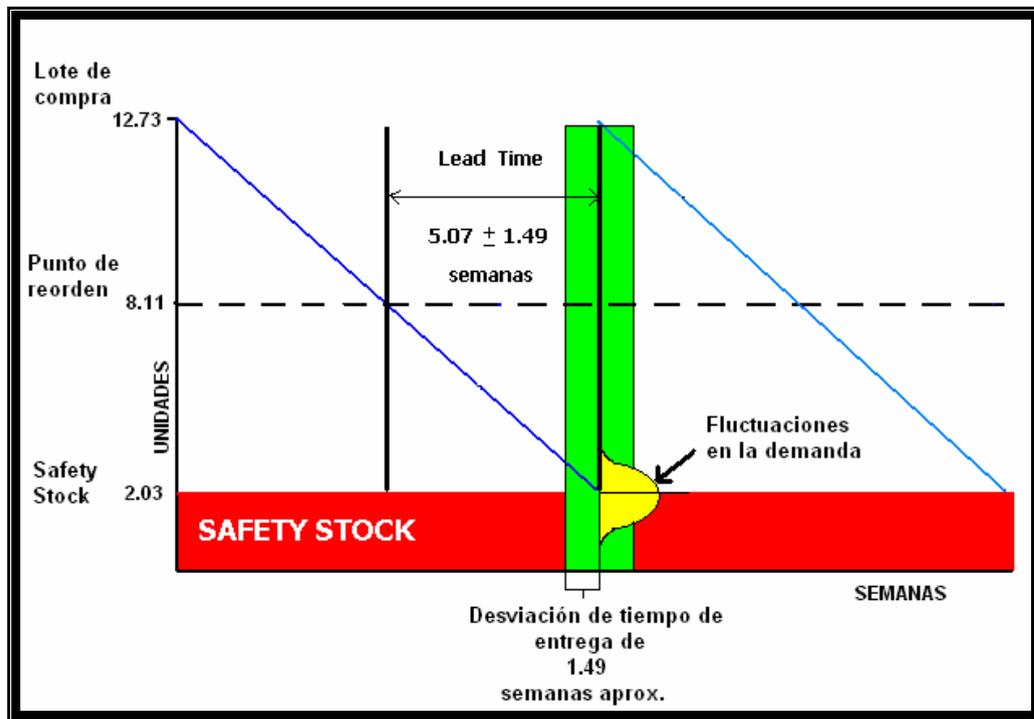
Figura 16. **Pedido de reorden**



En la figura 17 se encuentran reflejados los resultados para el ejemplo de las cuchillas, tomando en consideración las posibles fluctuaciones que pueden surgir de la demanda y de los tiempos de entrega del producto, que podrían ser de 1.49 semanas aproximadamente. Esta variación en el tiempo de entrega estará determinada por factores externos a las condiciones

normales de entrega de los proveedores, como problemas aduaneros, de transporte o de fabricación de los repuestos.

Figura 17. **Demanda probabilística**



Este sistema de control es el que se adoptará para el 19.97% de los repuestos que se encuentran dentro de la clasificación A del análisis ABC de la bodega de repuestos de la empresa, ya que debido al grado de importancia y al impacto económico que tienen debe llevarse un control estricto y riguroso de sus movimientos.

4.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es de vital importancia para mantener los equipos de la empresa en estado óptimo de funcionamiento. Está destinado para las instalaciones de la empresa y para todos los equipos que funcionan dentro de la misma, sean equipos de planta o equipos periféricos. El objetivo principal que se persigue con el mantenimiento preventivo es evitar

las fallas inesperadas de los equipos y reducir en un buen porcentaje las actividades de mantenimiento correctivo.

4.2.1 Equipos

Para poder diseñar y desarrollar un sistema de administración de mantenimiento preventivo debe documentarse toda la información necesaria referente a los equipos de la planta y equipos periféricos que brindan algún suministro a la producción.

4.2.1.1 Tipos de equipos que se utilizan

Para empezar debe realizarse un levantamiento de los equipos que están dentro de la planta de producción y en las áreas periféricas de la empresa, pero que brindan algún suministro a la planta de producción.

Dentro de la planta de producción se encuentran diferentes tipos de equipos, por ejemplo:

- Motores eléctricos y cajas reductoras de velocidad: se encargan de brindar tracción a todos los equipos encargados de transportar el producto o algunos sirven para brindar impulso a bombas hidráulicas. Debido al control que debe tenerse sobre este tipo de equipos se realizó un levantamiento de todos los equipos para llenar una base de datos completa. Deben tomarse en cuenta todas las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos, ya que pueden adaptarse en distintos puntos dentro de la planta, de acuerdo con las necesidades y requerimientos.

En la figura número 18 puede observarse la fotografía de un motor eléctrico de tres fases de uso general, el cual de acuerdo con sus especificaciones técnicas y a las condiciones de operación de los equipos

dentro de la planta, puede ser utilizado en distintos puntos de la planta de producción.

Figura 18. **Motor eléctrico trifásico.**



- **Bombas.** Hay de diferentes tipos y tienen diferentes funciones de acuerdo al lugar en el que se encuentren instaladas dentro de la planta. Las bombas se utilizan para el transporte de fluidos para producción, como es el caso de jarabes de recubrimiento, vitaminas o simplemente agua. También se utilizan en el área de empaque bombas de vacío, para el armado de los paquetes.

En la figura 19 se observa una fotografía de una bomba centrífuga, las cuales son utilizadas dentro de las diferentes líneas de producción para el transporte de fluidos dentro del proceso.

Figura 19. **Bomba centrífuga**



Para el proceso de cocimiento de maíz y arroz se utilizan ollas rotativas de cocimiento, dos secadores de producto que trabajan con vapor recirculado por ventiladores en cada sección.

Para el proceso de laminado de maíz y arroz se utilizan cuatro molinos laminadores que trabajan a velocidades altas. También se encuentra un horno que se encarga de tostar el producto, el cual es alimentado por un quemador de calor.

Para el proceso de recubrimiento se utilizan marmitas de preparación de jarabe, las cuales utilizan vapor para calentar el agua. Hay bandas secadoras de producto que son alimentadas por aire caliente.

Para todos los procesos de la planta se utilizan equipos de transporte de producto, los cuales se encargan de movilizar el producto desde su cocimiento hasta su despacho en el área de bodega. Se utilizan transportadores de banda de metal, de banda sanitaria y de cangilones para subir de nivel el producto.

Dentro del área de empaque se encuentran básculas pesadoras de producto, las máquinas embolsadoras, las máquinas encartonadoras de plegadizo, las máquinas encartonadoras de fardos, las máquinas selladoras de fardos y las bandas transportadoras de producto. Dentro del área de empaque los equipos son bastantes similares para todas las líneas, por lo que su control es más fácil. Sin embargo, todos los equipos de cada línea de empaque son críticos ya que están directamente relacionados con el flujo del producto.

Se consideran como equipos periféricos aquellos que se encuentran en áreas externas a la planta de producción y le suministran algún servicio o insumo. Existen dos calderas pirotubulares, de las cuales una funciona en producción, las que se encargan de brindar vapor a las ollas de cocimiento y

a los secadores del área de proceso. Hay dos compresores de lóbulos, uno de los cuales es de emergencia, y se encargan de brindar aire comprimido para los sistemas neumáticos del área de empaque y para la limpieza de planta. Se utilizan dos tanques de almacenamiento de bunker, uno de dieses y dos de propano. El propano se utiliza como combustible para los montacargas que se utilizan dentro de la planta y dentro de la bodega de materiales y como fuente de energía para los quemadores dentro de la planta.

Con el sistema de mantenimiento antiguo se tiene una base de datos de equipos, sin embargo, no se encuentra actualizada y no incluye todos los equipos que se encuentran instalados en la empresa y por lo mismo es necesario contar con un inventario físico de todos los equipos con los que cuenta la empresa.

Esta información será la que sea almacenada dentro del nuevo sistema de administración de mantenimiento y debe hacerse una agrupación de todos los equipos, con lo cual se facilitará su manejo.

4.2.1.2 Identificación de equipos críticos

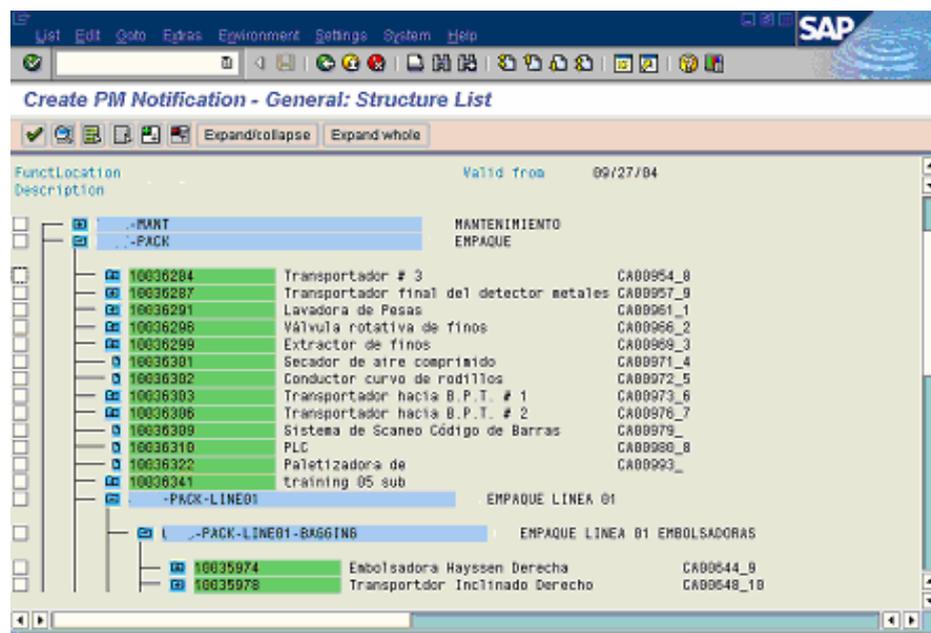
Para que se puedan establecer adecuadamente los planes de mantenimiento preventivo y buscar eliminar el mayor porcentaje de mantenimientos correctivos es necesario conocer a fondo el equipo de la empresa.

Existen equipos que desempeñan un papel fundamental para la producción de los cereales y para el funcionamiento de la planta de producción, ya que si llegaran a fallar y a detenerse, pueden ocasionar que la producción se detenga. Estos son los equipos críticos de la empresa y sobre ellos debe tenerse un especial cuidado y un riguroso plan de mantenimiento para evitar cualquier falla. El hecho de que sea un equipo

crítico no significa que tenga que estar directamente en contacto con el flujo del producto o que tenga que estar dentro del flujo del mismo, ya que existen equipos que pueden ser reemplazados por otros de características similares o equipos sin los cuales el proceso puede continuar por algún tiempo. Estos últimos los consideraremos como equipos secundarios.

En la figura 20 puede observarse la estructura que maneja el nuevo sistema de mantenimiento y la importancia que tienen los equipos principales y los equipos secundarios dentro del mismo.

Figura 20. Estructura de equipos en nuevo sistema



De acuerdo con el ejemplo puede observarse de que un transportador es considerado un equipo principal y crítico, ya que puede cortar el flujo de toda una línea de producción, mientras que el motor y el reductor que le da tracción pueden ser considerados como equipos secundarios.

De la misma manera la caldera es un equipo crítico, debido a que si en algún momento llegara a fallar y no alimenta vapor a la línea principal, no se puede cocer la materia prima, y por lo mismo no se puede producir. De

igual forma sucede con el compresor, ya que si no suministra aire a las líneas de empaque, éstas no pueden realizar sus tareas y el producto se estancaría y provocaría un paro de línea principal por exceso de producto.

Dentro de la planta también existen equipos que no son tan críticos para el proceso como por ejemplo los motores o reductores, siempre que se tenga alguno de repuesto, ya que pueden ser reemplazados por otro de iguales características sin mayor dificultad. De igual forma se puede considerar a las ollas rotativas o los molinos laminadores, debido a que hay varios equipos iguales funcionando, y en caso de que falle alguno de ellos, se puede continuar produciendo, con el único inconveniente de que se le deben bajar ciclos a la producción y reducirla.

Dentro del área de producción se puede considerar de que todos los equipos son críticos, ya que con alguno que falle se provoca un paro de la línea para realizar los ajustes necesarios. Solamente con las pesadoras y las embolsadoras se podría hacer una excepción, ya que cada línea de empaque cuenta con dos de cada una, sin embargo al dejar de funcionar un lado se reduce en un cincuenta por ciento la capacidad de producción de la línea.

En las líneas de empaque es bastante particular el problema, ya que cada equipo cuenta con subsistemas, los cuales podrían considerarse como un equipo secundario. Estos subsistemas algunas veces son bastantes complejos, y un mal ajuste o incluso un trabón de paquetes puede representar un paro en la línea para reestablecer los parámetros iniciales. En producción normal, por lo general en las líneas de empaque se producen paros discontinuos, ya que la mayoría de veces son paros que no superan los quince minutos de duración y para reestablecerlos son ajustes sencillos.

El levantamiento de equipo y la identificación de equipos críticos debe realizarse en línea, ya que se encuentran estrechamente relacionados.

En la tabla III puede observarse la base de datos que se utilizó para realizar el levantamiento de equipo, en la cual se hace la diferenciación entre equipos principales o críticos y los equipos secundarios de cada uno de ellos. Esta base de datos debe utilizarse para la implementación del nuevo sistema y debe actualizarse constantemente, para que los datos que se tengan ingresados sean los más exactos y reales.

Tabla III. Base de datos levantamiento de equipo

LEVANTAMIENTO DE EQUIPO PRINCIPAL Y SECUNDARIO DE LINEA PRINCIPAL													
AREA DE SABOR													
No.	Descripción del equipo	Fabricante	Modelo No.	Serial No.	Type	Frame	HZ	HP	Volts	rpm	Phase	Ratio	Importancia
1	Panel de Control EP-101												Equipo Secundario
2	PLC Sabor												Equipo Secundario
3	Remote Flow Transmitter	Micro Motion Inc.	RFT9712-1PRU										Equipo Secundario
4	Batchmate	Schlumberger	1500										Equipo Secundario
5	Tanque de Preparación de Sabor												Equipo Principal
5.1	Agitador de tanque preparación	Lightnin Group	XJQ-174	94E18715									Equipo Secundario
5.2	Motor del agitador tanque preparación	Lightnin Group	B77R0070N-YW		P	YWX16TZ	60/50	1.74	230/460	1725	3		Equipo Secundario
5.3	Válvula de descarga tanque preparación	Tri-Clover Inc.	762-21M-29L-2-316L-36-5	433785-0									Equipo Secundario
6	Motor bomba Transferencia Sabor ollas	Reliance	ID_P56H3161S-YW		P	FC56HC	60	1.5	08-230/460	1725	3		Equipo Secundario
7	Filtro Mainstream	Tri-Clover Inc.	SESER-1-2-P-2-1 P										Equipo Secundario
8	Tanque de Aplicación de Sabor												Equipo Principal
8.1	Válvula de descarga tanque de aplicación	Tri-Clover Inc.	762-21M-29L-2-316L-36-5	212092-001									Equipo Secundario
9	Micro Motion de aplicación	Micro Motion Inc.	DL100S202SU										Equipo Secundario
10	Motor de bomba de aplicación sabor ollas	Baldor	Spec. 36H17W385	F791		184JM	60	7.5	08-230/460	3450	3		Equipo Secundario
11	Bomba aplicación de sabor ollas	Waukesha Cherry-Burr	2065	109925									Equipo Secundario
12	Válvula de barrido de agua	Worcester Controls	1SE39NP1R3										Equipo Secundario
13	Válvula de recirculación tanque de aplicac	Tri-Clover Inc.											Equipo Secundario
14	Bomba Waukesha Malta líquida	Waukesha Cherry-Burr	030U2	294718-01									Equipo Secundario
15	Motor aplicación malta líquida	U.S. Electrical Motors	E194B	D1-1885941-01	UTP	184T	60	5	08-230/460	1745	3		Equipo Secundario
16	Reductor de Aplicación de malta líquida	U.S. Electrical Motors	CBN23025B3MT184T614P	D1-1885941-011								14.1	Equipo Secundario
17	Tanque # 3 de Calcio												Equipo Principal
17.1	Agitador Tanque Calcio	Lightnin Group	XJ-30	91/551158-3									Equipo Secundario
17.2	Motor Agitador Tanque de Calcio	Reliance-Lightnin	B77R3045N-YR		P	FR56YZ	60	0.3	08-230/460	1725	3		Equipo Secundario
17.3	Válvula de descarga tanque de Calcio	Tri-Clover Inc.	762-21M-29L-2-316L-36-5	598041-01									Equipo Secundario
18	Motor de bomba de aplicación calcio	Baldor	Spec. 36H17W385		P	184JM	60	7.5	230/460	3450	3		Equipo Secundario
18.1	Bomba aplicación de calcio	Waukesha Cherry-Burr	2065	294987									Equipo Secundario
AREA DE OLLAS													
Descripción del equipo	Fabricante	Modelo No.	Serial No.	Type	Frame	HZ	HP	Volts	rpm	Phase	Ratio	Importancia	
18	Polipasto para Maíz	tercontinental Trading Co	MH-40HD	8501691				230/460		3			Equipo Principal

4.2.1.3 Especificaciones de equipos

Para tener una base de datos eficiente y una administración adecuada del mantenimiento preventivo debe tenerse la información lo más completa que sea posible referente a las especificaciones de cada uno de los equipos que se tienen instalados dentro de la planta y los equipos que se encuentran de repuesto.

Esta información es útil cuando se necesita pedir repuestos a los fabricantes, ya que ellos exigen que se les soliciten de acuerdo con las especificaciones de cada equipo; dependiendo el que sea, así van a cambiar las especificaciones necesarias, ya que hay equipos que solamente

con el modelo y número de serie se identifican bien, mientras que hay otros que necesitan más datos.

Como pudo observarse en la figura 18 en la página 59, existen algunos equipos que tienen información técnica más específica, y que es necesario que se encuentre registrada dentro del sistema para el manejo y administración del mismo.

La mayor parte de equipos tienen una placa de especificaciones técnicas que proporciona el fabricante, de la cual pueden obtenerse los siguientes datos importantes:

- Nombre del fabricante: proporciona el nombre del fabricante del equipo, al cual se puede solicitar soporte técnico o repuestos para el equipo, según sea el caso.
- Modelo del equipo: dato que proporciona el fabricante y que identifica al equipo. Es útil a la hora de solicitar información o repuestos al fabricante.
- Número de serie del equipo: dato que proporciona el fabricante y que identifica al equipo. Es útil a la hora de solicitar información o repuestos al fabricante.

Estos son los datos que son comunes a la mayoría de los equipos y que mayor utilidad tienen para identificarlos; sin embargo, cuando se trata de equipos más específicos, se deben detallar otros datos específicos a su aplicación y funcionamiento, tales como:

- *Frame*: en el caso de los motores eléctricos y cajas reductoras de transmisión, este es un dato bastante crítico, ya que determina las condiciones y la compatibilidad del equipo. Cuando alguno de estos

equipos falla, este dato es la base que se utiliza para encontrar un equipo que pueda utilizarse en lugar del dañado.

- **Potencia:** a la cual trabaja el equipo. Se utiliza para evaluar la compatibilidad de los equipos con las condiciones de trabajo y es determinante a la hora de falla y reemplazo de los mismos.
- **Revoluciones por minuto** a las que puede trabajar el equipo. Se utiliza para evaluar la compatibilidad de los equipos con las condiciones de trabajo.
- **Voltaje de trabajo del equipo.** Se utiliza para evaluar la compatibilidad de los equipos con las condiciones de trabajo.
- **Ratio:** es un dato que se encuentra exclusivamente en las cajas reductoras y está en función de la potencia y velocidad de trabajo del equipo. Es importante para elegir y evaluar la compatibilidad de los equipos.

En la figura 21 puede observarse el formato que utilizan algunos fabricantes para colocar en los equipos los datos técnicos, por lo general se hace por medio de una placa.

Figura 21. **Placa de especificaciones técnicas de equipos**

The image shows a technical specification plate for a Dayton Capacitor Start Motor. The plate is rectangular and contains various fields for technical data, some of which are numbered with circled numbers from 1 to 12. The fields include:

- Dayton** logo and **Capacitor Start Motor** text.
- Model No.** field with a circled 1 next to it.
- Volts** field with a circled 2 next to it.
- HP** field with a circled 3 next to it.
- IN** field with a circled 4 next to it.
- AMPS** field.
- RPM** field with a circled 5 next to it.
- Hz** field with a circled 6 next to it.
- SFA** field.
- INS. CL.** field with a circled 7 next to it.
- MAX. AMPS** field.
- IP** field with a circled 8 next to it.
- ENCL.** field with a circled 9 next to it.
- DUTY** field with a circled 10 next to it.
- SHAFT END BRG.** field with a circled 11 next to it.
- QIP BRG.** field with a circled 11 next to it.
- THERMALLY PROTECTED** field with a circled 12 next to it.
- MANUFACTURER REF.** field.
- OR KVA CODE** field.

At the bottom of the plate, it says "Manufactured for Dayton Electric Mfg. Co., Niles, IL 60714 U.S.A." and a small number "24" in the bottom right corner.

4.2.2 Rutinas de mantenimiento preventivo

El complemento que debe tener una base de datos confiable de los equipos que están en funcionamiento dentro de la empresa es la información referente al mantenimiento preventivo para cada uno de ellos y puede ser diferente para cada área y equipo, debido a las condiciones de operación y a las necesidades de cada equipo. Es por esta razón que se describe el comportamiento de cada una de las líneas de producción.

4.2.2.1 Línea principal

La línea principal trabaja continuamente durante 20 días para producir maíz y durante 4 ó 5 días produce arroz en un mes. El equipo que se utiliza para la producción de ambos productos es el mismo, sin embargo, cuando se hace el cambio de producto se deben realizar algunos cambios en los equipos de la línea principal para modificar parámetros de operación del equipo y flujo en los equipos. Esta tarea le corresponde al departamento de mantenimiento, por lo que se deben tener establecido los cambios que debe efectuarse a cada equipo.

Cuando se termina la corrida mensual de arroz es cuando el departamento de mantenimiento tiene disponibilidad del equipo que compone la línea principal para poder realizar labores de mantenimiento planeado, ya sea de carácter correctivo o preventivo. Mientras el equipo está produciendo solamente se realizan tareas de emergencia y planeación de actividades de mantenimiento.

Para los equipos de la línea principal, la mayor cantidad de actividades son de tipo mecánico, los cuales requieren que se les hagan rutinas de revisión del estado y funcionamiento de sus componentes, asimismo es importante realizar las rutinas de lubricación para los componentes de tracción de cada uno de los equipos para evitar el desgaste

y deterioro de ellos. Sin embargo, existen equipos eléctricos, en los cuales se deben realizar rutinas de revisión y limpieza de los componentes.

También dentro de la línea existen algunos equipos electrónicos, los cuales deben ser revisados periódicamente y calibrados si fuera necesario. La línea se encuentra dividida en áreas, las que se forman de acuerdo con el tipo de equipos que se encuentran dentro de ellas y a la función que realizan.

De acuerdo con lo mencionado en el capítulo 3, las rutinas de mantenimiento eran planeadas por los mecánicos coordinadores del departamento. Esto provocaba que no existiera un programa de mantenimiento establecido para ninguna de las líneas de producción de la planta y que la base para la programación del mantenimiento quedara a criterio de la persona que estuviera de turno.

Para el establecimiento de las rutinas de mantenimiento se debe tomar en cuenta la información que el fabricante proporciona a través de los manuales de cada equipo y sus condiciones de operación. Sin embargo muchas veces no es suficiente con estas fuentes de información, por lo que la experiencia que poseen los mecánicos que se desenvuelven dentro de cada área de la empresa pueden proporcionar información referente al comportamiento que tienen ciertos equipos y se debe de aprovechar esta fuente de información.

Es recomendable realizar un levantamiento de toda la información con la cual se cuenta en la empresa, en este caso las órdenes de trabajo que han sido ejecutadas y llenadas por los mecánicos representan una buena fuente de información, respecto de las actividades que se han venido realizando dentro de la planta. Esto se aplica no sólo a la línea principal, sino que a todas las líneas de producción de la empresa.

En la tabla IV puede observarse el formato que se utilizó para recopilar toda la información referente a las rutinas de mantenimiento que se ejecutaban para los equipos de la planta. Esta información fue tomada del historial de órdenes de mantenimiento que estaba registrado en el antiguo paquete de mantenimiento. En él se encuentra la descripción de la orden de trabajo que fue ejecutada y las fechas en las cuales fueron ejecutadas cada una de ellas, ya que es importante establecer un patrón de tiempos y que pueda establecerse una periodicidad o frecuencia con la que se deba ejecutar la actividad de mantenimiento.

Tabla IV. Levantamiento de rutinas de mantenimiento para línea principal

LEVANTAMIENTO DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ÁREA DE OLLAS											
ÁREA DE SABOR											
No.	DESCRIPCIÓN	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	T. Ejecución
1	Revisión de agitador tanque de preparación	27/10/03									1 hora
2	Cambiar grasa reductor agitador tanque de calcio	8/12/2003									
3	Cambiar grasa reductor agitador tanque preparacion	8/12/2003									
4	Revisión de Micromotion, revisión de zero, realizar pesadas para verificación	Dec-02	23/5/03	16/10/03	Dec-03						4 horas
5	Revisión de Contador de agua Schlumber, revisión de zero, realizar pesadas para verificación	27/10/02	Dec-02	23/5/03	16/10/03	Dec-03					3 horas
6	Revisión de sellos, impeller, O-ring de bomba de tanque de calcio y bomba para malta líquida	Mar-03									4 horas
7	Revisión y apriete de contactos PLC Ollas	Mar-03									8 horas
8	Revisión sellos, impeller, O-ring de bomba de transferencia y aplicación de sabor	21/11/02	16/2/03	25/6/03	23/8/03						
9	Mantenimiento preventivo, limpieza con lectrasol y revisión de la condición de cables aislante de lo mismo, cambio de cojinetes de Motor de Bomba de Aplicación sistema sabor	Dec-03									6 horas

4.2.2.2 Línea de recubrimiento

La línea de recubrimiento se encuentra en producción durante la mayor parte del tiempo. Esto se debe a la alta demanda que tienen los productos recubiertos y a que la alimentación de la línea puede ser desde la línea principal de proceso, la línea de extrusión o desde el área de mezclas.

Es por esta razón que debe ponerse especial atención en el mantenimiento preventivo que se realice a los equipos que la componen. La línea se detiene una vez al mes y es en este período de tiempo cuando puede aprovecharse para realizar mantenimiento preventivo a los equipos, ya que con el sistema que se ha venido trabajando este tiempo disponible no ha sido aprovechado.

Debido a que en un inicio no existía un plan de mantenimiento formal para esta línea, el primer paso que debe realizarse es la identificación de los equipos críticos, la cual se describió en la sección 4.2.1.2. de la página 67. Luego de que se han identificado los equipos críticos debe establecerse un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de ellos, el cual deberá ser ejecutado de acuerdo con los parámetros establecidos.

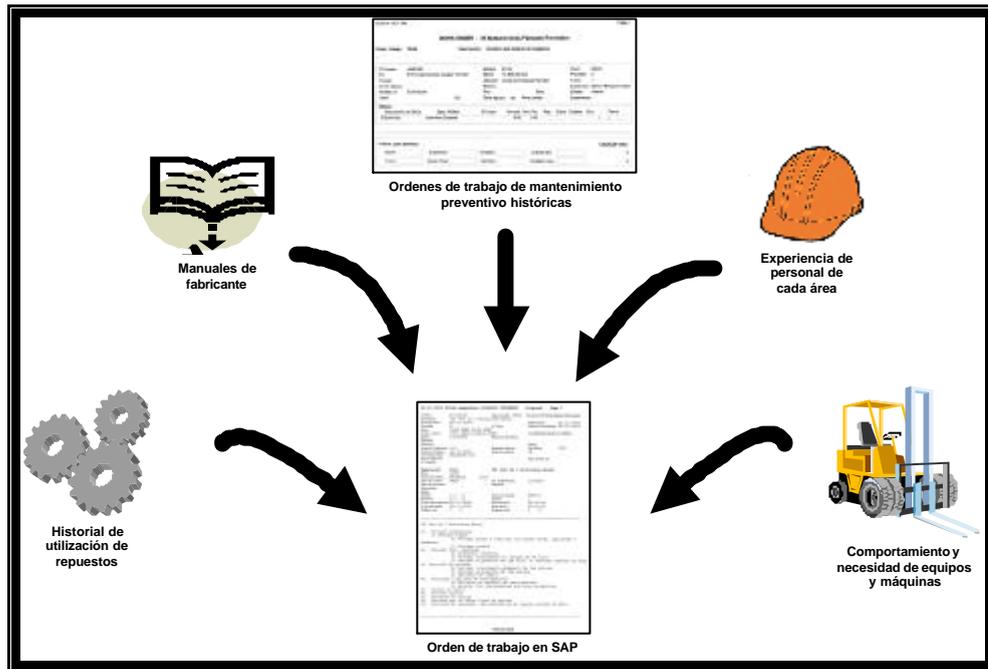
En la figura 22 pueden observarse los elementos utilizados para la generación de los programas de mantenimiento de los equipos de la empresa. Dentro de estos elementos se encuentran los manuales de fabricante de cada uno de los equipos, el historial de órdenes de mantenimiento generadas por el sistema antiguo y los repuestos asociados a éstas, la experiencia en cada una de las áreas de la planta del personal de mantenimiento y el comportamiento y necesidades que tienen los equipos y máquinas de cada una de las líneas de producción de la planta.

Todos los elementos que se describen en la figura número 22 desempeñan un papel importante en el proceso de investigación de los componentes que integran un programa de mantenimiento y deben ser debidamente integrados para que se reflejen en los programas las necesidades reales de los equipos de la planta.

Estas necesidades se derivan de las condiciones en la que operan los equipos dentro de la planta, las frecuencias con las que se ha realizado el

mantenimiento y el estado en el que se encuentran sus componentes internos.

Figura 22. Elementos para generar un programa de mantenimiento.



Los equipos que se encuentran en el área de recubrimiento tienen características bastante similares a los equipos de la línea principal, la mayoría de éstos son de tipo mecánico, los cuales requieren que se les realice rutinas de revisión del estado y funcionamiento de sus componentes, asimismo es importante realizar las rutinas de lubricación para los componentes de tracción de cada uno de los equipos para evitar su desgaste y deterioro. Sin embargo, existen equipos eléctricos, en los cuales se deben realizar rutinas de revisión y limpieza de los componentes.

También se encuentran instalados algunos equipos electrónicos, los cuales deben ser revisados periódicamente y calibrados si fuera necesario. Debido a la similitud que tienen los equipos de la línea de recubrimiento con los equipos de la línea principal los procedimientos para realizar las

actividades prácticamente son los mismos, al igual que el personal que se encarga de realizarlos.

4.2.2.3 Línea de extrusión

La línea de extrusión trabaja intermitentemente y por lo mismo se encuentra detenida la mayor parte del tiempo; sin embargo, existen bastantes proyectos de innovación dentro de la empresa, por lo que se hace necesario que dentro de los períodos en los que se encuentra sin programación de producción la línea se programen diversas pruebas.

El equipo con el que trabaja la línea de extrusión en su gran mayoría es de tipo mecánico y por lo tanto requiere de actividades de revisión e inspección del estado de sus componentes y lubricación. También hay algunos componentes eléctricos como paneles de control, variadores de frecuencia para motores eléctricos o transformadores de corriente, los cuales requieren limpieza y revisiones de funcionamiento.

Anteriormente, debido a la poca actividad productiva que tiene la línea, se ejecutaba mantenimiento muy esporádicamente, sin ningún plan predeterminado ni rutinas específicas para los equipos que la componen. El método que se utilizaba era la realización de una inspección esporádica de arranque y funcionamiento de la línea completa antes de que se iniciara una corrida de producción.

Sin embargo, debido a que en esta línea se trabaja con una carga alta de producción es crítico que exista un plan de mantenimiento para los equipos, ya que los costos que representan una falla que produzca un paro es bastante elevado, debido al poco tiempo que existe para satisfacer la demanda del producto.

Para generar el plan de mantenimiento se utilizaron los mismos elementos que se mencionaron en la sección 4.2.2.2 de la página 69 y que están ilustrados en la figura 22. La diferencia que existe es que para la ejecución de este programa existe mayor tiempo disponible que en las otras líneas de producción.

4.2.2.4 Línea de mezclas

En el área de mezclas no se realiza un proceso de fabricación de algún producto, sino que simplemente se realizan mezclas para diversos productos, de acuerdo con las necesidades de cada una de ellas.

En condiciones similares a las de la línea de extrusión, el área de mezclas permanece detenida la mayor parte del tiempo y solamente es programada para producción cuando ya se ha finalizado de producir la corrida de maíz y la corrida de arroz. Por lo general el tiempo de trabajo de esta línea es de tres días continuos.

Debido a que en un inicio no existía un plan de rutinas de mantenimiento definido para los equipos de la línea se utilizaron los recursos mencionados en la sección 4.2.2.2 de la página 69 para poder generar y estructurar un programa estándar de mantenimiento para los equipos.

Para que todas las actividades de mantenimiento preventivo sean eficientes debe utilizarse el tiempo en el cual se encuentra detenida toda la línea y que no coincidan con los tiempos de paro programados para las líneas de proceso y las líneas de empaque. De esta manera pueden optimizarse de mejor forma los recursos a utilizar en el mantenimiento: mano de obra y repuestos.

El costo que representa la mano de obra para el mantenimiento se verá reducido ya que las actividades podrán realizarse en tiempo ordinario

de cada uno de los mecánicos, sin necesidad de utilizar horas extras para poder realizar todas las órdenes que involucra el programa de mantenimiento.

Las rutinas de mantenimiento para los equipos de la línea de mezclas comprenden rutinas de revisión de estado de los elementos mecánicos de cada uno de los equipos, inspección del funcionamiento de cada uno de ellos y lubricación de todos los equipos. Debido a que dentro de la línea existe un sistema de pesaje automatizado es necesario que se revise la calibración y el funcionamiento para que se encuentre en óptimas condiciones cuando la línea arranque en producción.

4.2.2.5 Área de empaque

Las líneas de empaque representan el área más crítica e inestable dentro de la planta, debido a las características de los equipos que se encuentran en cada una de las líneas, a la variedad y rotación de tamaños de empaque y a la diversidad de productos que se empaican.

El área de empaque cuenta con cinco líneas distintas, las cuales se encargan de empaicar la variedad de tamaños que se producen en la planta. Los equipos de cada una de las líneas son bastante similares entre sí y poseen componentes y funciones compatibles, lo que hace que el mantenimiento sea estandarizado para todas.

Las líneas de empaque poseen la capacidad de poder empaicar en distintos tamaños el producto. En las dos líneas grandes pueden empaicarse presentaciones desde 200 gramos hasta 730 gramos, dependiendo de los requerimientos de ventas y de los productos. En la tercera línea se pueden empaicar presentaciones entre 20 gramos y 30 gramos de producto. Por último hay dos líneas semiautomáticas en las cuales pueden empaicarse productos desde los 30 gramos hasta los 510 gramos.

Debido al trabajo continuo que desarrollan las líneas de empaque y a las características que tienen los equipos que las componen, es necesario un plan de mantenimiento que cubra y asegure el buen funcionamiento de los equipos críticos de todas las líneas. Para poder cumplir con este fin el área de planeación de producción programa dos días completos de mantenimiento para cada una de las líneas mensualmente.

Para que el tiempo que se encuentran detenidos los equipos de las líneas de empaque sea aprovechado de la mejor manera, debe tenerse elaborado un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de cada línea de empaque, por medio del cual se estarán ejecutando las actividades de mantenimiento para tener el registro y el control. Para elaborar este plan de mantenimiento se utilizan los mismos elementos que se mencionaron en la sección 4.2.2.2 de la página 69.

En la Tabla V puede observarse el plan de mantenimiento preventivo creado para las líneas de empaque, en el cual se encuentra el equipo al cual se aplicará la rutina, la descripción dentro del sistema, las frecuencias de cada una de ellas y los tiempos estimados.

Tabla V. Programa de mantenimiento preventivo en líneas de empaque

PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LÍNEAS DE EMPAQUE									
#	Equipo	DESCRIPCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1	Transportador Mezzanine	2M, Rev Transportadores Mezzanine		1		1		1	
2	Pesadoras	1M, Rev Vibradores Transversales	1	1	1	1	1	1	1
3	Pesadoras	1M, Rev Cono Central Dataweigh	1	1	1	1	1	1	1
4	Pesadoras	1M, Rev Calibración Inic. Básculas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
5	Embolsadoras	1M, Rev Sistema Sellos y Mordazas	2	2	2	2	2	2	2
6	Embolsadoras	1W, Lubricación Hayssen	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
7	Embolsadoras	1M, Rev Sistema Correas de Tracción	1	1	1	1	1	1	1
8	Embolsadoras	6M, Cambio Correas de Tracción						1.5	
9	Embolsadoras	1M, Rev Sistema Rodillos Medición	1	1	1	1	1	1	1
10	Embolsadoras	1M, Rev Sellador Vertical	1	1	1	1	1	1	1
11	Embolsadoras	3M, Rev Bandas Insertadoras			1.5			1.5	
12	Embolsadoras	2M, Rev Carbones Motores DC		1		1			
13	Embolsadoras	3M, Rev Fugas Aire Comprimido			1			1	
14	Embolsadoras	3M, Rev Sistema de Puertas			0.5			0.5	
15	Encartonadora	2M, Rev Bandas Inclinadas Entrada		1		1		1	
16	Encartonadora	1M, Rev Sistema Tracción Langen	4	4	4	4	4	4	4
17	Encartonadora	1M, Rev Sistema Charolas	2	2	2	2	2	2	2
18	Encartonadora	2M, Rev Manómetros Langen		1		1		1	
19	Encartonadora	1M, Rev Sistema Bandas Corrugadas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
20	Encartonadora	1M, Rev Sist Dientes Negros	2	2	2	2	2	2	2
21	Encartonadora	6M, Rev Ln 1 Desarme Sist Dientes Negros						14	
22	Encartonadora	1M, Rev Sistema Dientes Blancos	2	2	2	2	2	2	2
23	Encartonadora	1M, Rev Sistema Alimentac Neumático	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
24	Transportador en "U"	6M, Rev Transportadores Plásticos						1	
25	Codificador Jaime	1M, Rev Codificador Jaime	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
26	Case packer salvasser	1M, Rev Case Packer	3	3	3	3	3	3	3
27	Case sealer Elliott	2M, Rev Case Sealer		2.5		2.5		2.5	
28	Case sealer Elliott	1M, Lim Tanque Nordsson y Pistolas	3	3	3	3	3	3	3
29	Transportador final	2M, Rev Transportador Final		1		1		1	
30	Codificador Marsh	1M, Rev Codificadores	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
31	Codificador Crayon	1M, Rev Codificadores	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
			28.5	36	31.5	36	28.5	51.5	28.5

Debido a la importancia de las líneas de empaque dentro de la planta y a la dinámica que tienen sus equipos no es suficiente realizar rutinas de mantenimiento preventivo una vez al mes, por lo cual existen rutinas de inspección que se realizan en las líneas de empaque tres veces al día, es decir, una vez en cada turno.

Dentro de las rutinas de inspección diarias se realiza un chequeo general de todas las líneas de empaque. La actividad la realiza un mecánico de mantenimiento asignado al área de empaque. Básicamente se enfoca en revisar los puntos críticos de cada línea y asegurarse de que los parámetros de operación con los cuales está trabajando la línea sean los adecuados.

En la tabla VI puede observarse el formato que debe llenar cada mecánico cuando realiza el chequeo general de las líneas de empaque para asegurarse de que el funcionamiento de todos los equipos sea el adecuado de acuerdo con los parámetros establecidos para evitar que puedan existir problemas.

Tabla VI. Formato de inspección general de líneas de empaque

											FORMATO No.		
CHECK LIST LINEAS DE EMPAQUE													
FECHA:			TURNO:										
	LINEA 1				LINEA 2				LINEA 3				OBSERVACIONES
	PRODUCTO		VELOCIDAD		PRODUCTO		VELOCIDAD		PRODUCTO		VELOCIDAD		
	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA			
PESADORA	SI, BUENO	NO, MALO	SI, BUENO	NO, MALO	SI, BUENO	NO, MALO	SI, BUENO	NO, MALO	SI, BUENO	NO, MALO	SI, BUENO	NO, MALO	
El programa es correcto?	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
Están todas las tolvas habilitadas?													
Está bien la velocidad?		gpm		gpm		gpm		gpm		gpm		gpm	
EMBOLSADORA												OBSERVACIONES	
Golpean las mordazas?													
Presión de máquina		PSI		PSI		PSI		PSI		PSI		PSI	
Está bien la velocidad?		gpm		gpm		gpm		gpm		gpm		gpm	
Niveles de aceite													
ENCARTONADORA												OBSERVACIONES	
El programa de los detectores de metales es el adecuado													
Succión de vacío?				IN HG				IN HG				IN HG	
Presión del tanque de goma?				PSI				PSI				PSI	
Nivel de llenado tanque de goma?													
Presión de encartonadora.				PSI				PSI				PSI	
PESADORA DE PAQUETES												OBSERVACIONES	
Están bien los rangos?													
Rechaza sobrepesos?													
Rechaza bajos pesos?													
Rechaza flaps?													
CODIFICADOR												OBSERVACIONES	
Tiempo caducidad del producto													
Fecha de caducidad		/	/		/	/		/	/		/	/	
Nivel de Solvente													
REVISAR QUE LA LINEA NO TENGA CARTONES, TAPE Y PITAS.													
NOMBRE REVISOR					FIRMA:					CODIGO:			

Para asegurarse de que la calidad de los productos es la adecuada debe realizarse un chequeo del sellado de las cajas en las que se empaca el producto. Este chequeo se realiza en todas las líneas tres veces por cada turno, es decir, nueve veces en un mismo día. Se revisa que la goma selle adecuadamente las cajas y que los disparos de goma estén en la posición correcta.

Para estar en línea con las políticas de calidad de la compañía y con los programas HACCP que se están implementando es de vital importancia el control de metales en las industrias de alimentos. Por esta razón, en cada turno el personal de mantenimiento realiza una prueba para chequear el funcionamiento de los detectores de metales que se encuentran instalados en cada una de las líneas de empaque.

El objetivo de la rutina de revisión de los detectores de metales de la planta es asegurarse de que la calibración y funcionamiento sea el adecuado para que no exista el riesgo de que puedan empacarse paquetes con algún tipo de metal incrustado en el producto.

Para efectuar la revisión del funcionamiento adecuado del detector de metales se utilizan dos tarjetas de prueba, las cuales contienen elementos ferrosos y no ferrosos dentro de los rangos en los que el detector de metales debería efectuar rechazos, las cuales se hacen pasar a través del mismo y se espera que rechace el producto. En caso no rechazara el producto debe hacerse una calibración de los parámetros del detector.

En la tabla VII es posible observar el formato que deben llenar las personas encargadas de realizar la rutina de inspección de los detectores de metal en las líneas de empaque. Si se diera el caso de que el detector necesita ser ajustado mecánica o eléctricamente, exclusivamente el personal de mantenimiento está autorizado para realizar dichos ajustes y debe quedar registrado en el formato.

Tabla VII. **Formato de rutina de inspección de detectores de metal**

CHECK LIST DE DETECTORES DE METALES AREA DE EMPAQUE										
FECHA	TURNO			# Empleado	EQUIPO	# Rechazos	# paq en bote	RESET	Valor Sens.	OBSERVACIONES
	1	2	3		Det. Derecho Línea 2			SI NO		
	1	2	3		Det. Izquierdo Línea 1			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 2			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 3			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 4			SI NO		
	1	2	3		Det. Banda mezzanine línea 1			SI NO		
	1	2	3		Det. Banda mezzanine línea 2			SI NO		
	1	2	3		Det. Banda mezzanine línea 3			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 5			SI NO		
	1	2	3		Det. Derecho Línea 2			SI NO		
	1	2	3		Det. Izquierdo Línea 1			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 2			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 3			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 4			SI NO		
	1	2	3		Det. Banda mezzanine línea 1			SI NO		
	1	2	3		Det. Banda mezzanine línea 2			SI NO		
	1	2	3		Det. Banda mezzanine línea 3			SI NO		
	1	2	3		Det. Línea 5			SI NO		

Dentro de las actividades que deben ejecutarse con bastante frecuencia se encuentran los cambios de tamaño en las líneas de empaque. Estas actividades pueden considerarse de tipo correctivo, sin embargo, los planes de producción los reflejan y es posible tener todos los componentes necesarios para realizarlos con anticipación. También existe un procedimiento estándar para la elaboración de todos los ajustes que se involucran en el cambio de tamaño, sin embargo este tema se expondrá más a fondo en el capítulo número cinco.

4.2.3 Frecuencias y tiempos de trabajo

Las frecuencias con las que se realicen los mantenimientos preventivos son fundamentales para la planificación de las actividades de mantenimiento de la empresa. Cuando se conocen las frecuencias con las que se realizan las rutinas de mantenimientos es posible planificar los recursos a utilizar: el tiempo, disponibilidad de mano de obra y repuestos que puedan ser utilizados en dichas actividades y que es necesario tener en existencia para que los programas puedan cumplirse efectivamente.

Para el establecimiento de frecuencias de aplicación de rutinas de mantenimiento debe integrarse con planeación de producción la proyección de la utilización de los equipos y la programación de mantenimiento de cada una de las líneas y equipos de la planta. Con esto se logrará establecer las frecuencias en las cuales se tendrán disponibles las líneas y el tiempo que estarán disponibles en cada paro.

Adicionalmente, deben evaluarse las condiciones de operación a las que se encuentran sometidos los equipos, ya que dentro de la planta existen equipos que trabajan continuamente por veintiocho días, mientras que hay equipos que solamente trabajan de cinco a siete días continuos y el resto del tiempo permanecen detenidos. También debe de priorizarse los planes de mantenimiento para los equipos críticos de la planta.

Las frecuencias para cada rutina de mantenimiento fueron determinadas tomando como base los manuales que proporciona cada uno de los fabricantes de los equipos, las condiciones de operación de cada uno de los equipos y complementando los factores anteriores con el criterio, conocimiento y experiencia que poseen los mecánicos que realizan las actividades de campo dentro de cada una de las áreas en las que se desenvuelven dentro de la planta.

Como un complemento de las frecuencias de cada rutina, la estimación de tiempos de ejecución de cada actividad de mantenimiento es utilizada para la programación de las actividades de cada mecánico y poder establecer un programa de estimación de horas extras mensualmente.

Para obtener el tiempo ideal de cada una de las rutinas de mantenimiento se tomó como base el tipo de mantenimiento que se realizará, las destrezas y habilidades técnicas que posee la persona que realiza la actividad y la información que proporcionan los manuales de fabricantes de cada uno de los equipos.

4.2.3.1 Línea principal

La línea principal de proceso está en producción continua durante 21 días y se detiene cuando es necesario hacer cambio de proceso para la misma, es decir, cuando se cambia de producto base. Cuando trabaja con proceso de arroz, lo hace continuamente por 6 días. Durante los cambios de producto aproximadamente se cuenta con dos o tres días que se utilizan para realizar trabajos de mantenimiento de tipo correctivo y preventivo.

Únicamente se realizan dos paros generales de toda la planta en cada año, en la semana santa y en la última semana de cada año. Es en este período de tiempo en el que se realizan las actividades de mantenimiento preventivo que mayor tiempo ocupan y los trabajos con frecuencias bastante espaciadas.

De acuerdo con las necesidades de la planta, las rutinas de mantenimiento para efectuar los cambios de proceso en la línea principal mantienen una frecuencia constante y se realizan efectivamente una vez al mes. La rutina se enfoca en hacer los ajustes necesarios para que pueda producirse con otra materia prima en los equipos críticos de toda la línea, así como realizar los ajustes en los parámetros de operación de los mismos.

Para poder determinar las frecuencias y tiempos de ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo para la línea principal de proceso se utilizaron los recursos mostrados en la figura número veinte de la sección 4.2.2.2 de la página 69. La importancia que tiene el programa de mantenimiento preventivo para la línea es la ejecución que se haga del mismo y el seguimiento que pueda llevarse de las actividades pendientes.

Para el establecimiento de las frecuencias de tiempo para las rutinas de mantenimiento se utilizaron bastante los manuales técnicos que proporciona el fabricante de los equipos, así como el historial de órdenes

ejecutadas dentro de la empresa, por medio del cual podía establecerse un patrón para cada rutina.

En la tabla VIII puede apreciarse la forma que se utilizó para el establecimiento de las frecuencias para las rutinas de mantenimiento y su tiempos de ejecución, basadas en el historial de órdenes de mantenimiento realizadas por el departamento.

Tabla VIII. Tabla frecuencias y tiempos ejecución rutinas línea principal

AREA DE OLLAS												
No.	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	T. Ejecución	Frecuencia
10	Revisión zarandas alimentadoras meyer ollas	27/10/02	Dec-02	23/5/03	23/8/03	Dec-03						60 días
10	Revisión zarandas alimentadoras meyer ollas	2.5	3	1	1.5	2					2	
11	Revisión de Elevador Meyer, revisión de guías, cadenas, sprockets, cojinetes, motorreductor	27/10/02	21/11/02	Dec-02	13/2/03	Mar-03	15/4/03	23/5/03	23/8/03	Dec-03	7 horas	30 días
11	Revisión de Elevador Meyer, revisión de guías, cadenas, sprockets, cojinetes, motorreductor	1.5	2	3.5	2	2.25	1.75	1.75	2	2	2.083333333	
12	Revisión de Gusano Alimentación sobre Ollas	27/10/02	21/11/02	Dec-02	13/2/03	23/8/03						60 días
12	Revisión de Gusano Alimentación sobre Ollas	1.5	0.75	1	0.75	0.75					0.95	
13	Revisión de cuñeros y sprockets de 5 ollas	Dec-02	Mar-03									180 días
13	Revisión de cuñeros y sprockets de 5 ollas	8	10								9	
14	Revisión de stoperos y sellos entrada de vapor	Dec-02	Mar-03	23/5/03	23/8/03	Dec-03						60 días
14	Revisión de stoperos y sellos entrada de vapor	2	1.5	3	3	2.75					2.45	
15	Revisión de tapaderas 5 ollas, bujes de bronce, tornillos allen, pasadores, cadenas	Dec-02	Mar-03	23/5/03	23/8/03	Dec-03					8 horas	60 días
15	Revisión de tapaderas 5 ollas, bujes de bronce, tornillos allen, pasadores, cadenas	5	4.5	3	3	2.5					3.6	
16	Limpieza de tubos centrales de vapor, revisión de boquillas, spreas, uniones universales	Dec-02	Mar-03	15/4/03	23/5/03	25/6/03	20/7/03	23/8/03	16/10/03	Dec-03	6 horas	30 días
16	Limpieza de tubos centrales de vapor, revisión de boquillas, spreas, uniones universales	4.5	5.5	4	3.5	4	3.75	4	3.5	3.5	4.027777778	
17	Revisión de sellos válvulas Tri-clover de aplicación de sabor, lubricación de vástagos, limpieza de acoples eléctricos	27/10/02	Dec-02	Mar-03	15/4/03						3 horas	60 días

Para poder obtener datos confiables se utilizó como referencia un período de tiempo de 1.5 años atrás, desde el momento en que se realizó el análisis. Sin embargo, como se mencionó en el capítulo tres, no se contaba con un programa de mantenimiento previamente establecido, por lo que las necesidades y la programación de rutinas de mantenimiento estaban regidas únicamente por el comportamiento que había tenido la planta en los días previos al paro por mantenimiento.

Para poder establecer las frecuencias de tiempo para las rutinas, fueron estudiadas y revisadas todas las órdenes de mantenimiento preventivo generadas dentro del sistema que se utilizaba para mantenimiento, así como las órdenes que realmente fueron ejecutadas y

llenadas por los mecánicos, en busca de cualquier nota importante que pudiera existir en ellas.

De acuerdo con la tabla VIII de la página 81 puede observarse que la información recopilada pudo mostrar una tendencia de ejecución de mantenimiento, la cual fue complementada con la información de los manuales de los equipos y la determinación de los equipos críticos de la línea, para no dejar en el aire ningún detalle.

Debido a que no era posible cronometrar el tiempo de ejecución de cada actividad, se utilizaron los datos registrados en cada orden de trabajo, ya que las actividades pueden variar de acuerdo con las condiciones en las que se encuentren todos los componentes a la hora de hacer la revisión. Se obtuvo un promedio del tiempo utilizado para ejecutar cada una de las órdenes realizadas anteriormente.

Estos parámetros serán útiles para la planificación de la mano de obra de mantenimiento, ya que periódicamente deben de realizarse proyecciones de la utilización del tiempo del personal de mantenimiento, sea ordinario o extraordinario y toda la información proyectada debe de ser confrontada con la información real que proporciona el sistema de control de horas del personal.

4.2.3.2 Línea de recubrimiento

Como ya se mencionó anteriormente la línea de recubrimiento tiene un paro mensual programado en el que se deben de realizar las actividades de mantenimiento.

Debe existir un programa de mantenimiento preventivo establecido, ya que por lo general los tiempos disponibles de mantenimiento para la línea de recubrimiento siempre coinciden con los tiempos de mantenimiento de

otras líneas, sea la línea principal o cualquier línea de empaque, por lo que debe de asignarse adecuadamente al personal para que los programas se cumplan.

En la línea de recubrimiento existía el problema de que no existían rutinas de mantenimiento preventivo predefinidas y que se ejecutaran periódicamente. La forma de trabajo era realizar una revisión de todos los equipos antes del arranque de la línea y lubricar los elementos mecánicos de cada uno de ellos.

Como se describió en la sección 4.2.2.2 de la página 69 se tuvo que crear rutinas de mantenimiento preventivo para cada equipo con todos sus elementos: procedimientos, frecuencia, tiempos de ejecución y repuestos asociados a las mismas.

Como no era posible contar con datos históricos reales de cada una de las rutinas creadas, se utilizó la experiencia de los mecánicos de la planta para poder establecer un tiempo estimado de ejecución para cada actividad. La frecuencia no fue difícil de calcular, se tomaron como base los manuales de operación, las condiciones de trabajo de los equipos y la carga de trabajo de la línea. Por lo general la mayor parte de rutinas de mantenimiento deben de ser ejecutadas mensualmente para asegurarnos de que reciban la atención necesaria.

También debe tomarse en cuenta de que la mayor parte de los equipos que se encuentran en la línea de recubrimiento tienen características similares e inclusive algunos de ellos son iguales a los que se encuentran en la línea principal de proceso, por lo que también se utilizó la información de éstos para la creación de la información.

En la tabla IX se observa el programa de mantenimiento preventivo para la línea de recubrimiento, en donde se establece la rutina de

mantenimiento, el tiempo estimado de cada una de ellas y la frecuencia de ejecución de las mismas.

Tabla IX. Programa de mantenimiento de línea de recubrimiento

#	Equipo	DESCRIPCION	Tiempo Estimado	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Bomba aplicación	2M,Cambio Ln Rec Bomba Aplicación	0.75		0.75				0.75		0.75				0.75
2	Marmitas jarabe	1M, Rev Ln Rec Marmitas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Agitadores marmitas	2M, Rev Ln Rec Agitadores Marmitas	2		2		2		2		2		2		2
4	Reductores agitadores	Revisión de reductores de mezcladores	3						3						3
5	Mezclador cocoa	1M, Rev Ln Rec Mezclador Cocoa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Mezclador cocoa	3M, Mant Ln Rec Mezclador Cocoa	3			3			3			3			3
7	Bomba transferencia	1M, Rev Ln Rec Bomba Transferencia	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
8	Trampas vapor jarabe	3M, Rev Ln Rec Trampas Vapor	1.5			1.5			1.5			1.5			1.5
9	Zaranda vibratoria #1	1M, Rev Ln Rec Zaranda Vibratoria	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
10	Contador de batches	3M, Cal Ln Rec Contador de batches	2			2			2			2			2
11	Contador de flujo	3M, Cal Ln Rec Contador de flujo	2			2			2			2			2
12	Bandas de secado	1M, Rev Ln Rec Bandas Secadoras	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
13	Quemadores	1M, Rev Ln Rec Quemadores	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
14	Elevador de cangilones	1M, Rev Ln Rec Elevador de cangilones	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
15	Banda reversible	1M, Rev Ln Rec Banda Reversible	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Ventiladores quemadores	1M, Rev Ln Rec Ventiladores Quemadores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	Banda controladora de flujo	1M, Rev Ln Rec Banda controladora de flujo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
18	Banda controladora de flujo	3M, Cal Ln Rec Banda controladora de flujo	1.5			1.5			1.5			1.5			1.5
19	Válvulas de fondo marmitas	1M, Rev Ln Rec Válvulas de fondo tanques	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
20	Rotoclone	1M, Rev Ln Rec Rotoclone	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				20.5	23.25	30.5	23.25	20.5	36.25	20.5	23.25	30.5	23.25	20.5	36.25

4.2.3.3 Línea de extrusión

La línea de extrusión se encontraba en condiciones similares a las de la línea de recubrimiento, ya que no se realizaban rutinas de mantenimiento periódicas a los equipos de la misma, solamente se realizaba un chequeo general de toda la línea antes de cada arranque.

Para poder establecer el programa de mantenimiento y todos sus componentes se utilizaron los elementos mencionados en la sección 4.2.2.2 de la página 69, pero basados principalmente en los manuales de operación de los equipos y en la experiencia del personal de mantenimiento dentro de la planta.

Dentro de la línea de recubrimiento existen bastantes equipos que son similares a los que se encuentran dentro de la línea principal de proceso, por lo que se utilizó también la información que había sido definida para éstos.

Debido a que la línea no trabaja continuamente y lo hace por poco tiempo, es posible programar el mantenimiento preventivo de los equipos mientras todas las demás líneas están en producción y debido a que la disponibilidad de los equipos es mayor las actividades pueden ser realizadas dentro del tiempo ordinario de trabajo del personal de mantenimiento, reduciéndose de esta forma los costos de horas extras.

En la tabla X puede observarse el programa de mantenimiento preventivo elaborado para la línea de extrusión, en el cual se describe el equipo y la rutina asignada a éste, así como el tiempo estimado de ejecución de la actividad y la frecuencia, que es mensual para todos los equipos de acuerdo con la carga con la que trabaja la línea y al tiempo disponible que tiene para mantenimiento.

Tabla X. Programa de mantenimiento preventivo línea extrusión

#	Equipo	DESCRIPCION	Tiempo Estimado	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Tanques colorantes	1M, Rev Ln Dx Tanques Colores	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	Transportadores	1M, Rev Ln Dx Transportadores	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	Extractor de harina	1M, Rev Ln Dx Extractor Harina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Turbina hacia secador	1M, Rev Ln Dx Turbina harina hacia sec	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Gusano helicoidal harina	1M, Rev Ln Dx Gusano Hel Harina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Turbocecidora de harina	1M, Rev Ln Dx Turbocecidora de harina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Válvula rotativa harina	1M, Rev Ln Dx Válvula Rotativa Harina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Soplador de harina	1M, Rev Ln Dx Soplador Harina	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Mezclador de harina	1M, Rev Ln Dx Mezclador Harina	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
10	Alimentador de tomillos	1M, Rev Ln Dx Alimentador de tomillos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Extrusor	1M, Rev Ln Dx Extrusor	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	Bomba de agua	1M, Rev Ln Dx Bomba de Agua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Cortador	1M, Rev Ln Dx Cortador Extrusor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Secador	1M, Rev Ln Dx Secador	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
15	Válvula rotativa secador	1M, Rev Ln Dx Válvula Rotativa	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
16	Elevador cangilones #1	1M, Rev Ln Dx Elevadores cangilones	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
17	Elevador cangilones #2	1M, Rev Ln Dx Elevadores cangilones	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
			26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5

4.2.3.4 Línea de mezclas

La línea de mezclas se encuentra en situación similar a la de las líneas de recubrimiento y de extrusión, solamente que tiene dos diferencias con respecto a éstas: es la más pequeña de toda el área de proceso y la que trabaja el menor tiempo de todas.

Tampoco se cuenta con un programa de mantenimiento para los equipos, ni registros históricos de rutinas de mantenimiento que se hayan realizado en los mismos, solamente órdenes de tipo correctivo o de emergencia han sido generadas.

La única rutina de tipo preventivo que se ha realizado en la línea es un chequeo general de los equipos y del sistema de pesaje, el cual ha sido realizado cuando la línea va a arrancar producción, para asegurarse de que los componentes trabajen.

Por esta razón y de acuerdo con lo expuesto para las líneas de recubrimiento y de extrusión se elaboró un programa de mantenimiento para los equipos de la línea y para la revisión de la calibración de las celdas de carga del sistema de pesaje, para asegurar de que todos los equipos trabajen adecuadamente en producción y que no se produzca algún paro de producción por alguna falla que pudo haberse prevenido.

4.2.3.5 Área de empaque

Las líneas de empaque han sido críticas para la planta, por lo que a éstas se les han realizado rutinas de mantenimiento periódicamente, pero sin ningún programa establecido. La ventaja que se tiene es que las líneas poseen las mismas características entre los equipos que las componen y las actividades de mantenimiento que se realizan en ellas son prácticamente las mismas.

De acuerdo con lo que se pudo establecer con planeación de producción el tiempo que se tendrá disponible las líneas de empaque es de un mínimo de 40 horas y un máximo de 48 horas cada mes. Este tiempo no debe coincidir con ninguna otra línea de empaque ni debe ser en fin de semana, ya que no se dispone de contratistas en estos días.

El proceso para establecer las frecuencias y tiempos estimados de ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivo que se utilizó fue el mismo que se utilizó para la línea de proceso principal.

Para el establecimiento de las frecuencias de las rutinas de mantenimiento se utilizaron principalmente los manuales de operación de los equipos y la experiencia de los mecánicos asignados al área de empaque, ya que debido a que anteriormente el tiempo disponible de las líneas para mantenimiento no era constante no era posible determinar un patrón con los datos históricos.

Sin embargo, para establecer los tiempos de ejecución sí fueron utilizados los datos proporcionados por las órdenes de mantenimiento que habían sido ejecutadas anteriormente y la experiencia aportada por el personal.

Debe tomarse en cuenta también de que el tiempo disponible para mantenimiento no es exclusivamente para rutinas de mantenimiento preventivo, ya que debe incluirse dentro de los programas mensuales las órdenes de tipo correctivo que fueran necesarias.

En la tabla XI pueden apreciarse los datos analizados que fueron obtenidos de las órdenes de trabajo realizadas anteriormente. El período de tiempo que se utilizó para realizar la muestra fue de 1.5 años atrás a la fecha en la que se hizo el análisis.

Esta información se analizó por cada una de las líneas de empaque que tiene la planta, sin embargo, los tiempos y frecuencias son los mismos, debido a que los equipos trabajan con las mismas características y poseen componentes similares, lo que varía son el tamaño de las máquinas, pero la estructura es la misma.

Tabla XI. Tabla frecuencias y tiempos ejecución rutinas línea empaque

EMBOLSADORAS

No.	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	T. Ejecución	Frecuencia
1	Revisión sistema de fuelles	Dec-03	19/9/03	19/5/03	25/11/02					30 días
1	Revisión sistema de fuelles	0.75	1.5	1.25	1				1.125	
2	Revisión de sellos y mordazas	Dec-03	19/9/03	26/6/03	19/5/03	8/3/2003	25/1/03	25/11/02	0.75 horas	30 días
2	Revisión de sellos y mordazas	2	2.5	3	3	2.75	2.5	2.5	2.607142857	
3	Lubricación general	Dec-03	19/9/03	30/7/03	19/5/03	8/3/2003	25/1/03	Dic/02	3 horas	30 días
3	Lubricación general	1.25	1	0.75	1	0.75	0.75	0.75	0.892857143	
4	Revisión general	25/1/03								30 días
4	Revisión general	1							1	
5	Revisión de sistema de cuchillas	Dec-03	26/6/03	25/11/02					2 horas	30 días
5	Revisión de sistema de cuchillas	1.5	1.25	1					1.25	
6	Revisión de sistema freno y rodillos	Dec-03	26/6/03						1.5 horas	30 días
6	Revisión de sistema freno y rodillos	1	1						1	
7	Revisión de sistema de correas y rodillos de medición	Dec-03	26/6/03	25/11/02					2.5 horas	30 días
7	Revisión de sistema de correas y rodillos de medición	1.5	1.5	2					1.666666667	

Hay elementos de los equipos que se revisan mensualmente y existe una rutina para ellos, sin embargo, cuando se dispone de un tiempo para mantenimiento largo, los principales componentes y sistemas se revisan detalladamente e incluso se desarmen todos los sistemas para asegurarse de que todos los componentes se encuentren en buen estado.

Es importante tomar en cuenta que debido a la importancia que tiene el área de empaque para la planta, existen actividades de mantenimiento que se realizan a diario, las cuales fueron descritas en la sección 4.2.2.5 de la página 74.

4.2.4 Procedimientos de mantenimiento

Para que la planeación de las actividades de mantenimiento preventivo sea lo más eficiente posible se debe tener completa la base de datos de todos los equipos, deben existir programas de rutinas de mantenimientos para cada línea de producción y cada equipo establecidos, con las frecuencias y los tiempos estimados de ejecución de cada actividad.

Por último todas estas rutinas incluidas dentro del programa de mantenimiento deben de contar con la información referente a los

procedimientos que la persona que realice la actividad de mantenimiento debe seguir.

Estos procedimientos tienen como objetivo principal la estandarización de las actividades de mantenimiento, ya que con ellos se busca de que cualquier persona que realice la actividad la desarrolle de la misma manera. También sirven como una herramienta de capacitación en las actividades para el personal nuevo, ya que le darán una guía de cómo deben realizarse las actividades dentro de la planta.

La elaboración de los procedimientos debe contemplar los aspectos técnicos que son necesarios para realizar las actividades, así como los ajustes o referencias que brindan los manuales de mantenimiento que cada fabricante proporciona para los equipos. Debe tomarse en cuenta la experiencia del personal de mantenimiento, ya que ellos son una buena fuente de información para identificar actividades que es necesario que se realicen y que no están indicadas en los manuales que proporcionan los fabricantes.

También hay parámetros y frecuencias sugeridas en los manuales que varían de acuerdo con las condiciones de operación que tienen los equipos en producción, por lo que las personas que las ejecutan tienen un criterio de acuerdo con el comportamiento que han tenido los equipos y las condiciones en las que se encuentran los mismos.

La manera de publicar y hacer llegar estos procedimientos de mantenimiento, es incluyéndolos dentro de las órdenes de trabajo que se imprimen para los mantenimientos, con el objetivo que adicional a la información que contiene la orden de la actividad y equipo, proporcione el procedimiento de la forma en que debe ejecutarse dicha actividad.

4.2.4.1 Área de proceso

Para el área de proceso la mayor parte de los procedimientos que se elaboraron son generales, debido a que el tipo de maquinaria que se encuentra en esta área es muy similar entre sí. La mayor parte de los procedimientos son de tipo mecánico y están enfocados en las revisiones de los equipos y sus componentes: los más comunes se refieren a revisiones de cadenas, sprockets, funcionamiento de equipos, niveles de aceites, entre otros.

Cada procedimiento debe contener las recomendaciones y precauciones que debe tomar la persona que las realiza para su seguridad. Seguidamente, deben detallarse los puntos críticos que debe revisarse del equipo y la forma como debe hacerse esta revisión. Por último, se debe recordar el orden y limpieza de las áreas en las que se trabajó para asegurar que la calidad de los productos no se pone en riesgo.

Debido a que no existían procedimientos establecidos para las rutinas de los equipos del área de proceso tuvieron que crearse cuando se desarrolló el programa de mantenimiento preventivo. Se tomó como base la información proporcionada por los mecánicos de cada área, ya que ellos son los que realizan las actividades en campo y que conocen los equipos. Para complementar esta información se utilizaron los manuales de los equipos, que detallan ajustes específicos.

En la figura 23 puede apreciarse una orden de mantenimiento generada por el sistema en el cual se detalla el procedimiento de elaboración de la misma, de la forma más general, con el objetivo de que cualquier persona que lo lea pueda realizar la actividad y que la actividad sea ejecutada de la misma manera sin importar quién haya sido la persona encargada.

Figura 23. Orden de trabajo de área de proceso

22.01.2005 Ficha seguidora 8124		Original Page 1	
Orden	8124	Tipo de orden	PM02 Preventive PM Order-Regular Maintenance
Descripción	1M, Rev Ln 1		
Fecha de Inicio	22.01.2005	Fecha de Fin	29.01.2005
Prioridad	B	0-7 Days	Fecha de Terminacion 29.01.2005
Status	LIBE KKMP NLIQ PREC		
Ubicac. técnica			
Equipo			
Ensamble			
Ubicación		Cuarto	
Grupo de Planeacion	006	PM Planta	
Fecha de Creacion	22.01.2005	Status de usuario	05
Cir Trabajo Ppal	PM_MECH		
Operación	0010	1M, Rev Ln 1	
Status	LIBE		
Centro de Trabajo	PM_MECH		
Clave de control	PMIN	No. Confirmacion	3335825
Clave de operación		Milestone	
Ubic. técnica			
Equipo			
Trabajo	1.5 H	Tipo de Actividad	PM0010
Duración	1.5 H	Numero	1
Fe.inic.más temprana	22.01.2005	Hora de inicio	00:00:00
Fe.fin.más tardía	22.01.2005	Hora de fin	03:45:00
Trabajo real	0 H	Hoígura total	0 H
<hr/>			
1M, Rev Ln 1			
01. Revisar chumaceras			
a) Revisar fugas			
b) Revisar grasa y lubricar con grasa verde, aplicando 7 bombazos			
c) Revisar ruidos			
02. Revisar faja (dentada):			
a) Desmontar cobertor.			
b) Revisar visualmente el estado de la faja.			
c) Revisar alineación de las faja. d) Revisar tensión de faja			
03. Revisión de poleas:			
a) Revisar visualmente desgaste de las poleas.			
b) Revisar alineación de las poleas.			
c) Revisión de cuñero			
04. Revisión y apriete de castigadores:			
a) Revisión de apriete de castigadores			
b) Apretar los castigadores que sean necesarios			
05. Probar el motor			
06. Revisar spreas			
07. Arrancar el equipo			
08. Revisar que no hayan fugas en spreas			
09. Revisión de sensores, que desconecte el equipo cuando se abra			

4.2.4.2 Área de empaque

Dentro del área de empaque los procedimientos son bastante específicos y tienen mayor cantidad de ajustes especiales que se detallan en los manuales de cada equipo. Sin embargo, debido a la similitud de las líneas de empaque, los procedimientos son aplicables en cualquiera de ellas, los equipos son los mismo, solo varía el tamaño de sus componentes, que dependen del rango de tamaños que empaquen.

La mayor cantidad de procedimientos son de tipo mecánico, debido a la gran cantidad de componentes que tiene cada equipo. Debido a una reestructuración que ha habido en el departamento hay varias personas que recientemente se trasladaron a trabajar al área de empaque, por lo que los procedimientos servirán de base y guía para la realización de las actividades del área.

Debido a que no existían procedimientos establecidos para las rutinas de los equipos del área de empaque se crearon en el momento de realizar el programa de mantenimiento preventivo. Se tomó como base la información proporcionada por los mecánicos asignados al área de empaque, ya que ellos son los que realizan las actividades en campo y que conocen los ajustes que necesitan los equipos. Para complementar esta información se utilizaron los manuales de los equipos, que detallan ajustes específicos.

Dentro de los procedimientos de mantenimiento se encuentran los que se utilizan en la realización de cambios de tamaño en las líneas, los cuales se detallarán en el capítulo 5.

4.3 Análisis de costos de mantenimiento

Para poder evaluar las actividades y el funcionamiento del departamento de mantenimiento es necesario que se cuantifiquen en costos. Todas las actividades que realiza el departamento de mantenimiento representan un costo para la empresa y es necesario un análisis de costos para que se pueda observar qué equipos, líneas o componentes son los que absorben la mayor parte de los mismos.

Tener un panorama de los costos en los que se incurren es de bastante utilidad para poder tomar decisiones respecto de los equipos o al funcionamiento y eficiencia de los procesos con los cuales se está trabajando.

4.3.1 Costeo de mantenimiento por línea

Para que las actividades y los programas de mantenimiento tengan un enfoque más objetivo y real es importante conocer cuál de todas las líneas que están instaladas en la planta es la que absorbe la mayor cantidad de dinero, tanto en mano de obra, repuestos y servicios contratados.

4.3.1.1 Línea principal

Cuando se habla de costos de mantenimiento por línea se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- El mantenimiento preventivo es fundamental en la reducción de costos para una línea de producción, debido a que por medio de él se pueden evitar fallos de emergencia en algún componente crítico de repuestos y paros en la producción, los cuales representan un costo mayor para la empresa que el de cualquier reparación.
- El mantenimiento de emergencia representa las fallas en los equipos que ocurren durante la producción de la línea, por lo general representan algún paro de producción o estancamiento de producto.
- El costo de mano de obra estará asociado a todas las actividades que se desarrollen en cada línea, ya sea que se incurra por mantenimientos preventivos, correctivos o de emergencia. Debe tomarse en cuenta que por lo general, cuando se realizan mantenimientos preventivos este costo se incrementa debido que se trabaja bastante parte del mantenimiento en tiempo extra.
- Adicionalmente, a los costos mencionados anteriormente debe agregarse el costo de los repuestos que se tienen almacenados para los equipos de la línea, así como el costo de algunos componentes

que no se tienen almacenados pero que en ocasiones es necesario pedirlos.

- No debe olvidarse que en ocasiones el personal de la empresa no puede realizar ciertas actividades o simplemente no tiene el tiempo para realizarlas, por lo que es necesario contratar a alguna empresa para que las realice y esto representa un costo.

La línea principal representa un 27.54 % del costo total de la planta en donde se incluyen los costos de repuestos y mano de obra del personal de la empresa. De este costo total un 69.49 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 30.51 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal. Aquí se incluyen los costos por mantenimientos de emergencia, planeados correctivos y planeados preventivos.

4.3.1.2 Línea de recubrimiento

Los elementos que representan costo para la línea de recubrimiento son los mismos que para la línea principal que se mencionaron anteriormente. Sin embargo, es importante resaltar que el costo de mantenimiento y mano de obra está indicado por las órdenes de mantenimiento generadas y completadas por los mecánicos.

Por lo general, en estas dos líneas el costo por mano de obra se eleva bastante debido a que los paros que se programan para realizar el mantenimiento se producen los fines de semana o en días festivos, por lo que el pago de horas extras se incrementa. Por otra parte, debido a la disponibilidad de personal, cuando hay mantenimiento preventivo en alguna línea de producción se trabajan horas extras para poder finalizar la cantidad de trabajo que se programa.

La línea de recubrimiento representa un 7.86 % del costo total de la planta en donde se incluyen los costos de repuestos y mano de obra del personal de la empresa. De este costo total un 60.66 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 39.34 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal. Aquí se incluyen los costos por mantenimientos de emergencia, planeados correctivos y planeados preventivos.

4.3.1.3 Línea de extrusión

La línea de extrusión tiene diferencias, debido a que normalmente el equipo se encuentra detenido y solamente se produce por una semana durante el mes. Esto quiere decir que los costos deben ser menores, en varios aspectos: debido a que hay un tiempo mayor para ejecutar las rutinas de mantenimiento preventivo, deben realizarse en tiempo ordinario por el personal de mantenimiento, ahorrándose el costo de pagar horas extras.

El cambio de repuestos en los equipos debe hacerse con mayor frecuencia, debido a que el desgaste que sufren los componentes es menor porque el tiempo que trabajan es menor, además de que por estar detenido bastante tiempo, las frecuencias para las rutinas de mantenimiento se respetan.

La línea de extrusión representa un 2.49 % del costo total de la planta en donde se incluyen los costos de repuestos y mano de obra del personal de la empresa. De este costo total un 45.91 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 54.09 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal. Aquí se incluyen los costos por mantenimientos de emergencia, planeados correctivos y planeados preventivos.

4.3.1.4 Línea de mezclas

La línea de mezclas de producto tiene una tendencia menor que la línea de extrusión, ya que tiene pocos equipos instalados y solamente produce durante una semana de cada mes, por lo que el resto del tiempo se encuentra detenida. Por el tipo de equipo que tiene instalado las frecuencias de mantenimiento son mayores aún, ya que lo que se realiza con mayor frecuencia son revisiones y calibraciones eléctricas del sistema de pesaje y descarga de producto.

La línea de mezclas representa un 0.57 % del costo total de la planta en donde se incluyen los costos de repuestos y mano de obra del personal de la empresa. De este costo total un 55.25 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 44.75 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal. Aquí se incluyen los costos por mantenimientos de emergencia, planeados correctivos y planeados preventivos.

4.3.1.5 Líneas de empaque

En las líneas de empaque la situación es un poco diferente. Esto se debe al tipo de equipo que se encuentra instalado en ellas, al tipo de actividades que se realizan dentro de ellas y a la variedad de productos que se empaqueta en cada línea de empaque. Debido a esta situación, el departamento de mantenimiento cuenta con tres personas asignadas a esta área en cada turno, de ellas dos son electricistas y uno es mecánico. Ellos se encargan de atender las necesidades de mantenimientos de emergencia, mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos planeados, cambios de tamaño en las líneas y relevos de operación en tiempos de comida del personal de producción.

En esta medida el volumen de ajustes mecánicos de emergencia que debe realizarse en los equipos del área de empaque es bastante alto, ya que muchos factores afectan el funcionamiento del equipo y producen acumulación de producto o paros.

También debe tomarse en cuenta que cuando se realiza mantenimiento preventivo programado en alguna de las líneas de empaque se hace mientras las otras están funcionando, por lo que es necesario pagar tiempo extra a los trabajadores del departamento de mantenimiento para poder cumplir con los programas de mantenimiento.

En lo que se refiere a repuestos, de igual forma se experimenta una diferencia considerable con los costos que tienen los repuestos del área de proceso, debido a la cantidad de elementos con los que cuenta cada equipo y al volumen de producción de cada una de las líneas, ya que se produce una gran cantidad de paquetes por minuto. Debido a esto los componentes de la máquina sufren constante desgaste por el mismo funcionamiento y condiciones de trabajo en las que se encuentran.

El costo de éstos repuestos es bastante alto, ya que un gran porcentaje de los repuestos son de tipo eléctrico, electrónico o neumático, mientras que en las líneas de proceso la mayor parte de repuestos son de uso general y se encuentran en el mercado local.

Para las líneas de empaque la distribución de los costos se encuentra de la siguiente forma:

La línea de empaque 1 representa un 20.87 % del costo total de la planta. De este costo total, un 59.83 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 40.17 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal.

La línea de empaque 2 representa un 20.28 % del costo total de la planta. De este costo total un 64.01 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 35.99 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal.

La línea de empaque 3 representa un 10.94 % del costo total de la planta. De este costo total un 49.31 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 50.69 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal.

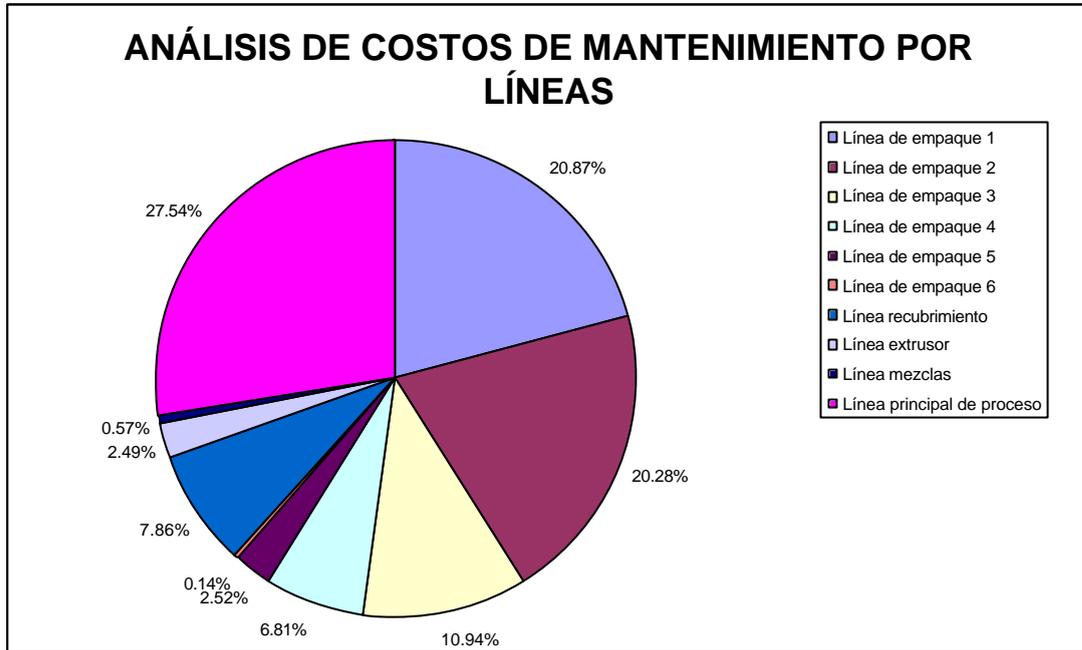
La línea de empaque 4 representa un 6.81 % del costo total de la planta. De este costo total un 40.00 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 60.00 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal.

La línea de empaque 5 representa un 2.52 % del costo total de la planta. De este costo total un 54.01 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 45.96 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal.

La línea de empaque 6 representa un 0.14 % del costo total de la planta. De este costo total un 13.25 % de los costos corresponde a la utilización de repuestos en las reparaciones, mientras que el 86.75 % restante corresponde al costo de mano de obra del personal.

En la figura 24 puede observarse la comparación de costos por línea de la planta. En la gráfica se detalla el porcentaje que representa cada una de las líneas del total de costos de la planta, durante el último semestre de tiempo. Dentro de estos costos están incluidos los costos por repuestos utilizados en las reparaciones y los costos de mano de obra del personal de mantenimiento.

Figura 24. Gráfico de costos de mantenimiento por línea



La creación de los programas de mantenimiento para todas las líneas de mantenimiento contribuye a la disminución de los costos y a buscar que se consiga un equilibrio entre todas las líneas de producción de la planta.

4.3.2 Costeo de mantenimiento por equipo

Para poder obtener resultados de costos de mantenimiento por equipo se debe de tener un sistema de administración de mantenimiento adecuado y el mejor indicador que puede tenerse son las órdenes de trabajo de mantenimiento.

Cada orden de trabajo debe tener asociados los repuestos que se utilicen, ya sea por medio de reservaciones de repuestos a la bodega, o directamente cuando se realiza una descarga de repuestos en la bodega de repuestos debe asociarse a la orden. Adicionalmente a los repuestos, en la orden de trabajo debe indicarse el tiempo estimado para la ejecución de la actividad y cada mecánico cuando finaliza dicha actividad debe confirmar el

tiempo real que empleó en el trabajo dentro del sistema para que pueda asociar los costos respectivos.

Para asociar el costo de mano de obra el sistema utiliza una tasa promedio, ya que dentro del departamento se trabajan tres turnos diferentes con el objetivo de tener disponibilidad de personal en planta las veinticuatro horas del día. Por esta razón, el sistema hace un promedio del costo por hora del personal de mantenimiento y lo asocia directamente a las órdenes de trabajo.

Por último, deben considerarse los repuestos asociados a cada equipo, ya sea que se tengan almacenados en la bodega de repuestos como medida de precaución a la falla, o que se tengan que comprar e instalar cada cierto tiempo, de acuerdo a la frecuencia que se ha establecido.

Los equipos que presentan la mayor cantidad de fallas serán los que representen un mayor costo para la planta, tanto por la mano de obra que se emplea en las reparaciones como por los repuestos que son utilizados en las mismas.

Como ejemplo, puede tomarse la línea de empaque número 1, en donde la encartonadora representa un 33.75 % del total de costos de todos los equipos de la línea. De este porcentaje, un 68.85 % lo representan los costos de repuestos y el restante 31.15 % lo representan los costos de mano de obra. Esto se debe a los constantes cambios de tamaño que deben realizarse en la línea, así como los ajustes de emergencia que son provocados por trabones de cajas, variaciones de densidad, materiales de empaque en mal estado, entre otros.

De acuerdo con estos análisis, es posible enfocar los programas de mantenimiento preventivo en los equipos que presentan la mayor incidencia de falla y en los que se invierte la mayor cantidad de dinero.

4.3.3 Costeo de mantenimiento por categoría de mantenimiento

Para tener un panorama completo de la ejecución de las actividades de mantenimiento es importante hacer un análisis de los costos con respecto a la categoría de mantenimiento que se ejecuta. Esto nos permitirá saber cuál es el enfoque de las actividades de mantenimiento, y saber si sus funciones son de tipo reactivo o preventivo.

4.3.3.1 Mantenimiento de emergencia

Para poder realizar un análisis por categoría de mantenimiento la fuente principal serán las órdenes de mantenimiento generadas por el sistema. De esta forma, con los costos asociados de repuestos y mano de obra podrá obtenerse el valor total del costo.

El mantenimiento de emergencia es bastante alto para el área de empaque, ya que un 60% de las actividades que realizan los mecánicos asignados a esta área es considerado como mantenimiento de emergencia, debido a que se trata de ajustes que provocan pequeños paros de equipo. Sin embargo en los que se refiere a repuestos se balancean los costos, ya que en la mayor parte de actividades de emergencia no es necesario el cambio de repuestos en los equipos.

4.3.3.2 Mantenimiento correctivo programado

El mantenimiento correctivo programado se refiere a fallas que se detectan en los equipos, pero son fallas que pueden esperar que se programe un paro del equipo para poder ser solucionadas. Son fallas con las cuales el equipo puede seguir funcionando adecuadamente.

Por lo general, este tipo de actividades la mayor parte del tiempo involucran el cambio de repuestos, por lo que el costo aumenta. Una

característica de las actividades de mantenimiento correctivo es que ocupan más tiempo para la realización de la actividad que el que ocupan las actividades de mantenimiento preventivo, por lo que los costos de mano de obra son mayores.

De esta premisa surge la importancia del mantenimiento preventivo, ya que si se evita que algún equipo falle y se provoque un paro o un cambio de repuesto por falta de mantenimiento los costos se reducen y por consiguiente las actividades de mantenimiento son más eficientes.

4.3.3.3 Mantenimiento preventivo programado

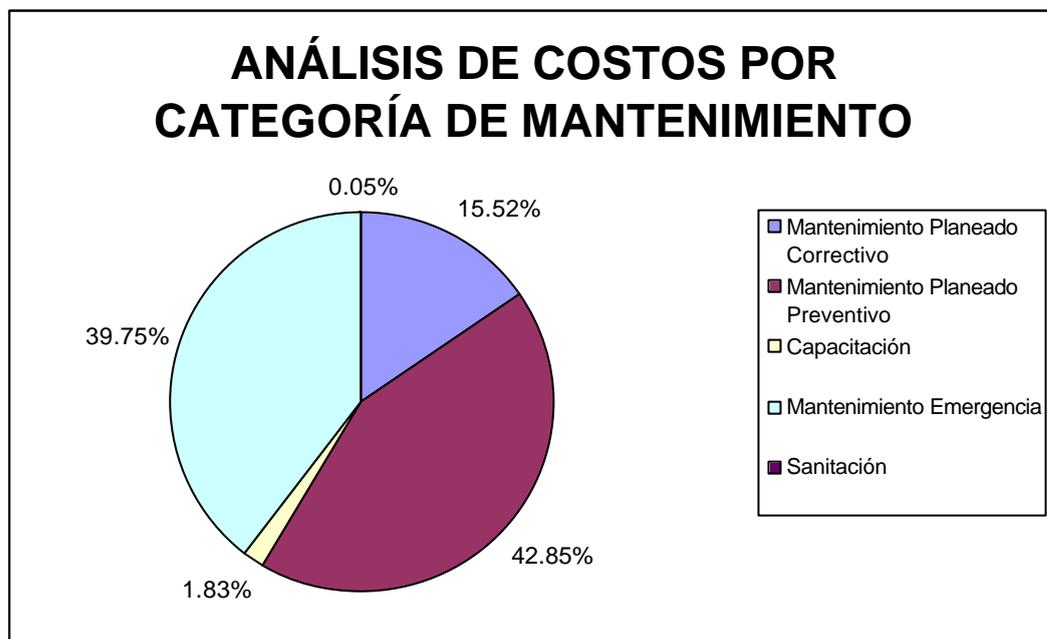
El mantenimiento preventivo se encarga de prevenir la falla de los equipos. Dentro de la empresa el mantenimiento preventivo está sujeto a las condiciones de producción de la planta, sin embargo de acuerdo con los acuerdos conseguidos con planeación de producción se dispondrá de todas las líneas de producción por lo menos una vez al mes para realizar las actividades de mantenimiento.

Los mayores costos que tiene el mantenimiento preventivo lo representan los repuestos, ya que debido a que el objetivo es evitar que los componentes fallen, éstos se cambian con cierta frecuencia, corriendo el riesgo de que el componente aun se encuentre en buenas condiciones de funcionamiento. Sin embargo, estos costos se ven compensados por los ahorros que representa evitar paros de producción por fallas de éstos componentes.

Debido a las condiciones en la que se realizan los mantenimientos en la empresa, los costos de mano de obra de mantenimiento preventivo se incrementan, debido a que una gran parte de estas actividades las realiza el personal en tiempo extraordinario.

En la figura número 25 pueden observarse los porcentajes de los costos totales que reflejan cada una de las categorías de mantenimiento que se manejan dentro de la empresa. Estos costos incluyen repuestos utilizados en cada actividad y mano de obra del personal de mantenimiento de la empresa.

Figura 25. **Gráfico de costos por categoría de mantenimiento**



4.4 Generación de métricas e indicadores de mantenimiento

Para poder hacer una evaluación objetiva del desarrollo y efectividad de las actividades de mantenimiento dentro de la empresa es de vital importancia la generación de recursos visuales que reflejen objetivamente los resultados de las actividades.

4.4.1 Identificación de variables

Las métricas de mantenimiento se generan con el objetivo de evaluar el funcionamiento del departamento y el desempeño que han tenido las

actividades. Por esta razón es importante identificar las variables que se deben considerar para poder tener una evaluación objetiva.

Las variables que se utilizarán son las siguientes:

- Tipo de mantenimiento: el tipo de mantenimiento se refiere a la actividad de mantenimiento que se realice. Entre ellas encontramos mantenimiento planeado correctivo, mantenimiento planeado preventivo, mantenimiento de emergencia, mantenimiento de edificios, cambios de tamaño en líneas de empaque, relevos, entre otros.
- Tiempo efectivo: es el tiempo real que se utiliza para realizar cualquier actividad de mantenimiento.
- Costo de mano de obra: es el costo que representa una hora de tiempo del personal de mantenimiento para realizar una actividad.
- Costo de repuestos: es el costo que representa la utilización de repuestos para una orden de trabajo de mantenimiento.
- Costos de servicios contratados: es el costo que representa para el departamento de mantenimiento las actividades realizadas por personal contratado ajeno a la empresa.
- Horas de trabajo: se refiere a las horas del personal de mantenimiento que se tienen disponibles durante cierto tiempo. Se utiliza para estimar utilización de horas de mantenimiento.

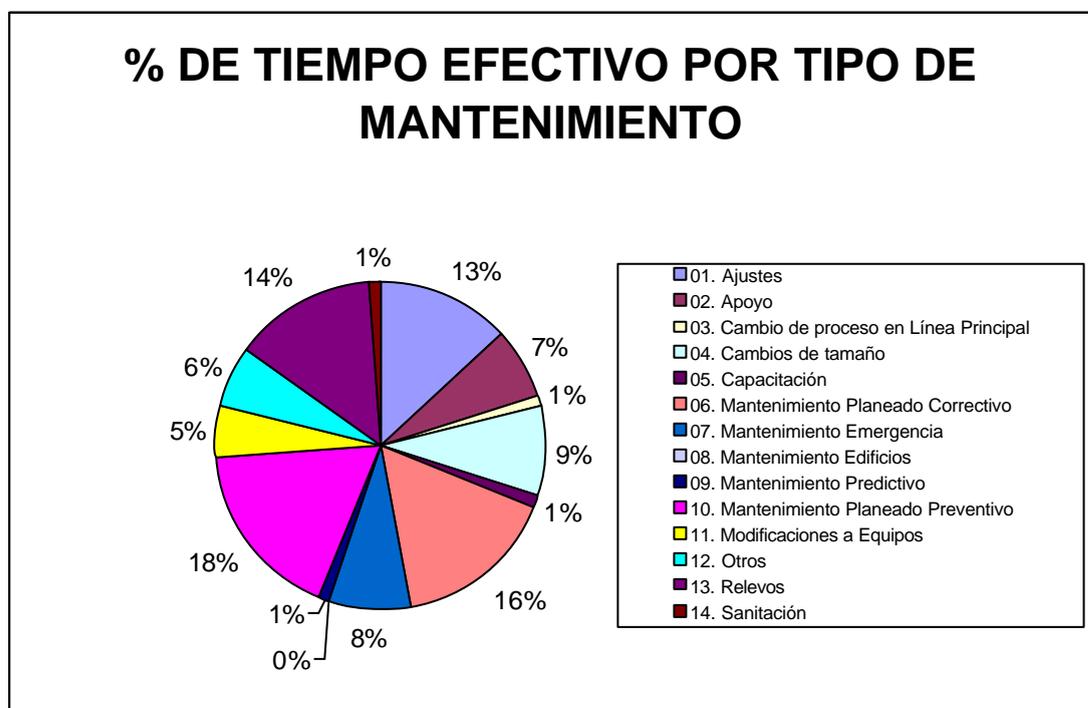
4.4.2 Generación de gráficos

La generación de gráficos se utiliza para obtener parámetros de las actividades de mantenimiento que se han realizado durante cierto tiempo y compararlos con los valores que se han estimado. También se utilizan para observar el avance o retraso de ciertas actividades y ver la eficiencia que han tenido las actividades de mantenimiento en la planta de producción.

Con la puesta en marcha de los programas de mantenimiento en las líneas de empaque debe reflejarse un cambio en los resultados obtenidos, un incremento en las actividades de mantenimiento preventivo y una reducción en las actividades de tipo correctivo y de emergencia.

En la figura 26 se puede observar la relación que tiene el tiempo efectivo con las actividades realizadas por el personal del departamento de mantenimiento.

Figura 26. Porcentaje de tiempo efectivo por tipo de mantenimiento



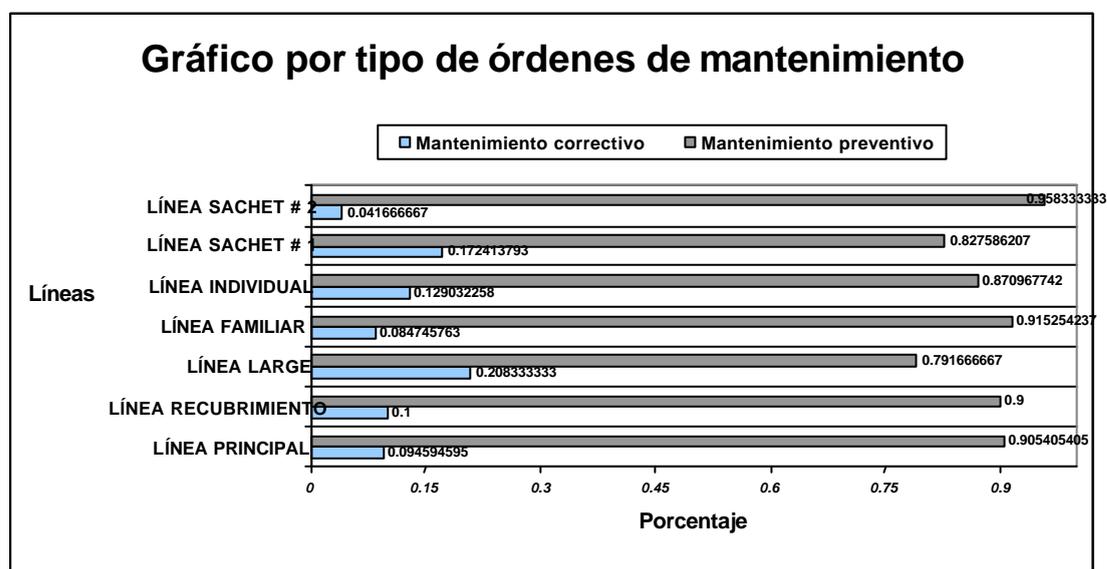
En la tabla XII pueden observarse los resultados comparativos del último mantenimiento general de la planta por categoría de mantenimiento, con los programas de mantenimiento implementados y en ejecución.

Tabla XII. **Comparación por categoría de mantenimiento**

	NÚMERO DE ÓRDENES MANTENIMIENTO			PORCENTAJE TIEMPO	
	CORRECTIVO	PREVENTIVO	TOTAL	CORRECTIVO	PREVENTIVO
LÍNEA PRINCIPAL	14	134	148	9.459%	90.541%
LÍNEA RECUBRIMIENTO	4	36	40	10.000%	90.000%
LÍNEA EMPAQUE 1	15	57	72	20.833%	79.167%
LÍNEA EMPAQUE 2	5	54	59	8.475%	91.525%
LÍNEA EMPAQUE 3	8	54	62	12.903%	87.097%
LÍNEA EMPAQUE 4	5	24	29	17.241%	82.759%
LÍNEA EMPAQUE 5	1	23	24	4.167%	95.833%
PROMEDIO TOTAL				11.8684%	88.1316%

En la figura número 27 se observan los datos de la tabla XII reflejados en un gráfico de barras.

Figura 27. **Gráfico comparativo por tipo de órdenes de mantenimiento**



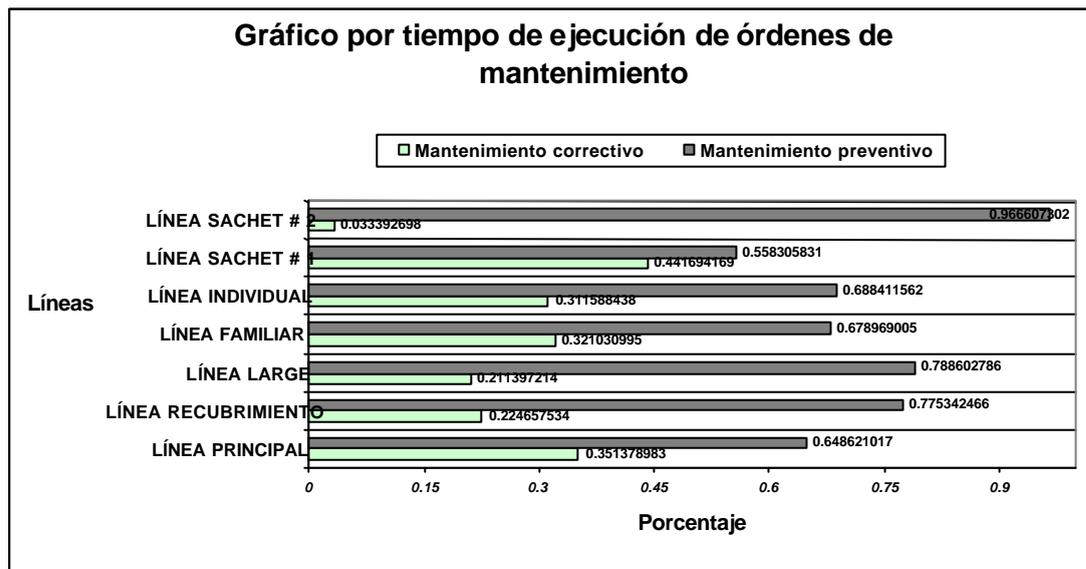
En la tabla XIII pueden observarse los resultados del último paro general de la planta por tiempo de ejecución de mantenimiento, con los programas de mantenimiento implementados.

Tabla XIII. **Comparación por tiempo de ejecución de mantenimiento**

	TIEMPO DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO			PORCENTAJE	
	CORRECTIVO	PREVENTIVO	TOTAL	CORRECTIVO	PREVENTIVO
LÍNEA PRINCIPAL	144.35	266.46	410.81	35.138%	64.862%
LÍNEA RECUBRIMIENTO	20.5	70.75	91.25	22.466%	77.534%
LÍNEA EMPAQUE 1	50.08	186.82	236.9	21.140%	78.860%
LÍNEA EMPAQUE 2	69.5	146.99	216.49	32.103%	67.897%
LÍNEA EMPAQUE 3	35.25	77.88	113.13	31.159%	68.841%
LÍNEA EMPAQUE 4	24.09	30.45	54.54	44.169%	55.831%
LÍNEA EMPAQUE 5	1.5	43.42	44.92	3.339%	96.661%
PROMEDIO TOTAL				27.0734%	72.9266%

En la figura número 28 pueden analizarse los datos de la tabla XIII reflejados en un gráfico de barras para mejor percepción.

Figura 28. **Comparación de mantenimiento por tiempo de ejecución**



4.5 Migración de información a plataforma SAP

Ya que se obtuvo toda la información de equipos instalados en la planta, rutinas de mantenimiento, frecuencias de rutinas de mantenimiento, tiempos de ejecución de las rutinas, procedimientos de ejecución, análisis de costos y métricas e indicadores que puedan mostrar el desempeño y

desarrollo de las actividades de mantenimiento pueden trasladarse todos los datos al nuevo sistema que controlará los procesos.

4.5.1 Información de bodega de repuestos

SAP será el sistema que manejará y se encargará de administrar las transacciones y actividades de la bodega de repuestos. Por esta razón debe alimentarse al sistema toda la información y base de datos con la que se cuenta actualmente en el sistema que se utiliza en bodega de repuestos.

La información de bodega de repuestos que debe implementarse al sistema es la siguiente:

- Código antiguo del repuesto: se refiere al código que maneja el sistema actual de la bodega de repuestos y con el cual están identificados y rotulados.
- Descripción del repuesto: deben revisarse las descripciones que se tienen para los repuestos en el sistema, para ver si es la adecuada y acomodarla a un formato de 40 caracteres.
- Grupo del material: debe agruparse cada repuesto dentro de un grupo establecido en el sistema SAP, de acuerdo con sus características y especificaciones de funcionamiento.
- Fabricante y número de parte del fabricante: estos datos se refieren al nombre del fabricante del repuesto y el número de parte con el que se identifique al mismo.
- Vendedor y número del vendedor: es el nombre del vendedor del repuesto y el número que tiene asignado por el departamento de compras dentro de la empresa.

- Datos de manejo de inventarios actuales: son los valores que se tienen actualmente para la administración de los inventarios, como el valor máximo de stock, valor mínimo, punto de reorden, stock de seguridad.

Tabla XIV. Formato de información a implementar en SAP de bodega

LEGACY MATERIAL NO	SAP 40 Character Description	SAP BASE UNIT	SAP MATERIAL GROUP	LEGACY VENDOR	SAFETY STOCK	LEGACY MIN	LEGACY MAX	MAX STOCK LEVEL	ROUNDING VALUE	STORAGE BIN	MOVING AVG PRICE	MFR 1	MPN 1
	RETENEDOR CR 507208	EA-Eaches	SEALS-SEALS		1	1	3	3				CHICAGO RAWHIDE	CR50728
	RETENEDOR CR 507212	EA-Eaches	SEALS-SEALS		1	1	3	3				CHICAGO RAWHIDE	CR507212
	RETENEDOR 450494	EA-Eaches	SEALS-SEALS		1	1	3	3				NATIONAL	450494
	COJINETE 6207-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		4	4	4	4				FAG	6207-2Z
	COJINETE 6302-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		1	1	4	4				FAG	6302-2Z
	COJINETE 6303-2PS	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		1	1	3	3				FAG	6303-2PS
	COJINETE 6304-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		2	2	4	4				FAG	6304-2Z
	COJINETE 6305-2R	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		1	1	3	3				FAG	6305-2R
	COJINETE R8-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		1	1	4	4				FAG	R8-2Z
	COJINETE 6011-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		0	0	2	2				FAG	6011-2Z
	COJINETES 6002-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		0	0	2	2				FAG	6002-2Z
	COJINETE G1200 K.F.R.B	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		0	0	2	2				FAG	G1200 K.F.R.B
	COJINETE 6308-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		0	0	2	2				FAG	6308-2Z
	COJINETE 3208B-2ZR	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		0	0	2	2				FAG	3208B-2ZR
	COJINETE 6208-2R	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		2	2	2	2				FAG	6208-2R
	COJINETE 6311-2R Y 6311-2Z	EA-Eaches	BRGS-BEARINGS		0	0	2	2				FAG	6311-2R Y 6311-2Z
	RETENEDOR 450049	EA-Eaches	SEALS-SEALS		1	1	4	4				NATIONAL	450049

Toda esta información debe revisarse cuidadosamente antes de ser implementada al sistema.

Adicionalmente al llenado de toda esta información, se revisó cuidadosamente la base de datos para encontrar códigos de repuestos que pueden haber sido duplicados por error y que es mejor que sean eliminados. También se identificaron los repuestos que se encuentren obsoletos y ya no tienen ningún movimiento dentro de la bodega de repuestos para poder darlos de baja.

Otra actividad dentro del proceso de implementación que se realizó fue la separación de los repuestos y los artículos que se consideran como suministros, ya que tienen un manejo especial dentro del nuevo sistema y deben estar bien identificados.

Esta separación es importante ya que la bodega de repuestos tiene a su cargo la administración de los mismos; sin embargo, estos artículos no son utilizados por el personal de mantenimiento, por lo que no deben estar incluidos dentro del inventario de mantenimiento.

4.5.2 Información de mantenimiento

En lo que respecta a la información de mantenimiento que debe ser implementada dentro del sistema, se encuentran todos los aspectos que han sido desarrollados a lo largo del capítulo 4 de este informe, desde la información básica de equipo, las rutinas, frecuencias y tiempos estimados de ejecución de las actividades de mantenimiento.

El sistema brinda bastantes herramientas para la administración del mantenimiento, las cuales funcionarán en la medida que exista una buena base de datos que dé soporte.

La información que debe implementarse en el sistema es la siguiente:

- Se establecieron las áreas funcionales de la empresa. Estas son todas las áreas físicas con las que cuenta la empresa, desde los edificios, jardines y áreas dentro de la planta de producción. A todas ellas se les asignará un código para identificarlas.
- Ya que se han establecido las áreas funcionales de la empresa se debe ingresar la base de datos de los equipos que están instalados en todas las áreas de la empresa. Se debe ingresar cada equipo asociado con el área funcional en la cual se encuentra instalado. También debe ingresarse toda la información que se tiene del equipo y debe de asignársele un grupo de equipo, por medio del cual el sistema agrupará los equipos. De acuerdo con la información que se maneja dentro del departamento de mantenimiento se tienen equipos

principales y equipos secundarios asociados a los principales, todos tendrán la misma estructura dentro del nuevo sistema.

- Cuando ya se tiene la estructura de áreas funcionales y equipos dentro del sistema, se procede a ingresar los repuestos asociados con los equipos. Se debe recopilar la información de los sistemas que componen cada equipo y los repuestos de estos sistemas para poder asociarlos a los equipos que han sido ingresados al sistema. Estos repuestos asociados deben tener el código que se les ha asignado en la bodega de repuestos.
- En lo que respecta a la planeación de mantenimiento preventivo, debe de llenarse la base de datos con una lista de tareas. Esta lista de tareas puede estar asociada a un equipo, a un área funcional o puede ser una tarea general para un grupo de equipos como motores, cadenas, etc.
- Una lista de tareas consiste en una actividad que se efectúa repetitivamente en los equipos o en las áreas de la planta. En ella debe detallarse cada uno de los pasos que la persona que realice la actividad debe seguir. También debe incluirse el tiempo estimado de toda la actividad y el tipo de actividad del que se trata, ya sea una actividad de tipo mecánico, eléctrico o realizado por personal contratista. Un dato importante que debe incluirse en las listas de tareas es la frecuencia con la que se realiza, y los repuestos que serán utilizados.
- Con las listas de tareas dentro del sistema ya es posible arrancar los programas de mantenimiento preventivo dentro del sistema, los cuales dependerán de la frecuencia que se ha establecido. A cada plan de mantenimiento se le asocia la cantidad de listas de tareas que se realizan y la fecha en la cual se desea que el plan arranque. El

sistema automáticamente generará las órdenes de trabajo que se han establecido como repetitivas para que sean ejecutadas en un período de tiempo.

En la tabla XV puede observarse una porción del listado de tareas para los equipos de proceso de planta. Cada una de las tareas está asociada a uno de los equipos de la planta y tiene asociada la frecuencia de ejecución.

Tabla XV. Lista de tareas de mantenimiento

Group	Group counter	Description	Equipment
10331	1	2M, Rev Ln 1 Zaranda Vibratoria # 1	10046150
10333	1	2M, Rev Ln 1 Zaranda Vibratoria # 2	10046151
10333	2	24M, Mant Ln 1 Vaivén Zaranda # 2	10046151
10334	1	1M, Rev Ln 1 Meyer Ollas	10046153
10334	2	2M, Lubricación Ln 1 Meyer Ollas	10046153
10334	3	6M, Rev Ln 1 Cluth Meyer Ollas	10046153
10335	1	2M, Rev Ln 1 Gusano Ollas	10046156
10335	2	2M, Lubricación Ln 1 Gusano Ollas	10046156
10336	1	3M, Rev Ln 1 Compuetas Ollas	10046159
10336	2	1M, Rev Ln 1 Tubos centrales sabor	10046159
10336	3	1M, Rev Ln 1 Tubos centrales vapor	10046159

Para el arranque del sistema, ésta es la información que se requiere para que pueda empezar a trabajarse eficientemente en las transacciones que involucra el módulo de mantenimiento.

Como se mencionó, toda la información que se ha descrito y enumerado a lo largo del capítulo cuatro es la información que el sistema requirió para el arranque y que fue investigada y elaborada específicamente para su implementación dentro del nuevo sistema que controlará los procesos.

5. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTOS DE CAMBIOS DE TAMAÑO EN LÍNEAS DE EMPAQUE

Debido a la capacidad que tienen las líneas de empaque de la planta para empacar los diferentes productos en varios tamaños y presentaciones es necesario hacer un estudio específico sobre los procedimientos de cambios de tamaño; de esta forma será posible encontrar puntos de mejora y buscar la reducción de tiempos y costos.

5.1 Análisis de puntos críticos

Los cambios de tamaños son procedimientos que realiza el departamento de mantenimiento en las líneas de empaque cuando se desea cambiar el tamaño de presentación en la que se está empacando el producto. Las líneas de empaque que tienen mayor incidencia en cambios de tamaño son la línea # 1 y la # 2, ya que por los componentes de sus equipos tienen la capacidad de ajustarse a varios tamaños. Las presentaciones en estas líneas oscilan entre los 200 gramos y los 840 gramos, dependiendo del producto.

En las restantes líneas de empaque se empacan presentaciones individuales o presentaciones en bolsa. Las líneas # 4 y # 5 tienen la capacidad para empacar el producto en los tamaños más pequeños, por general presentaciones entre los 30 gramos y 525 gramos.

Cuando se realiza un cambio de tamaño en las líneas de empaque deben realizarse varios ajustes en la mayoría de los equipos de la línea, e inclusive deben cambiarse algunos de sus componentes. El tiempo mientras se realiza un cambio de tamaño se detiene toda la línea y el operador

encargado prepara todos los materiales necesarios para empacar el nuevo producto.

Cuando se realiza un cambio de tamaño en una línea de empaque se deben realizar ajustes en todos los equipos de la línea, exceptuando los transportadores que la alimentan. Sin embargo, por el tipo de cambios y ajustes que se realizan, algunos equipos son más críticos que otros y con base en ellos se trabajarán los procedimientos y mejoras de los cambios de tamaño.

El equipo más crítico de la línea para un cambio de tamaño es la encartonadora. La máquina encartonadora es la que se encarga de introducir las bolsas de producto previamente empacado en las cajas de plegadizo, las cuales cambian de tamaño y presentación dependiendo del producto que se esté empacando.

Se cataloga como un equipo crítico, porque como se verá más adelante, es el equipo en el cual hay que realizar la mayor cantidad de ajustes para poder realizar un cambio de tamaño, y cualquier mal ajuste que se realice puede traer resultados negativos como mal armado de paquete, trabones de paquete, que el paquete no sea pegado adecuadamente, entre otros. También se debe tomar en cuenta que debido a la cantidad de ajustes que deben realizarse en la encartonadora, es el equipo que mayor tiempo absorbe y en donde se concentra la mayor cantidad de mano de obra para realizar los ajustes de cambio de tamaño.

También debe recordarse que en la sección 4.3.2 de la página 99 se demostró de por medio de un análisis de costos de mano de obra y repuestos por equipo de que la encartonadora es el equipo más crítico de cada línea de empaque.

A pesar de que la máquina cuenta con sistemas automatizados para realizar las actividades que le corresponden, deben dejarse ajustados todos estos componentes de la manera más exacta, para que pueda funcionar y realizar sus tareas adecuadamente. Los procedimientos de cambio de tamaño están enfocados en las actividades que debe realizarse en la encartonadora.

Adicionalmente a la encartonadora, se puede catalogar como un equipo crítico a la empacadora de cajas. Esto debido a que en ella se cambian varios componentes, dependiendo de la presentación que tengan los fardos, ya que hay fardos que pueden llevar doce, catorce o veinticuatro cajas. Sin embargo para este equipo el procedimiento es mucho más sencillo, ya que para realizar los ajustes y colocación de componentes el equipo cuenta con escalas en los puntos necesarios y se han documentado tablas con los parámetros necesarios para que los ajustes queden de la mejor forma posible y no se tenga la necesidad de poder volver a ajustar los componentes de los equipos.

La empacadora de cajas representa un 15 % de los costos totales de la línea de empaque de repuestos y mano de obra, por lo que es el segundo equipo en importancia, en cuanto a costo se refiere. En conjunto la encartonadora y la empacadora de cajas representan un 49 % del total de costos de la línea de empaque.

5.2 Procedimientos de cambio de tamaño

Debido a que los cambios de tamaño son actividades que realiza el personal de mantenimiento repetitivamente y que tienen bastante frecuencia dentro de las líneas es importante establecer un procedimiento estándar para cada que se puedan optimizar los recursos.

5.2.1 Procedimientos en máquinas pesadora y embolsadora

Las máquinas pesadoras y embolsadoras utilizan sistemas automatizados para realizar sus actividades. Las actividades de funcionamiento neumáticas y electrónicas de estos equipos se controlan a través de un PLC, que es el que se encarga de que todos los procesos se realicen adecuadamente.

Cuando se hace un cambio de tamaño, los ajustes a las pesadoras y embolsadoras los realiza el operador de la línea, mientras el personal de mantenimiento hace los cambios en los demás equipos. Los ajustes necesarios para realizar un cambio de tamaño en estos equipos son:

- Cambio de bobina: se debe cambiar el tipo de bobina de acuerdo con el tamaño de empaque que se realizará, ya que las medidas y especificaciones para cada tamaño y producto son distintas.
- Cambio de programa: los equipos cuentan con programas preestablecidos con los parámetros necesarios para cada producto y tamaño. Estos programas han sido diseñados e ingresados en el sistema de cada equipo por el personal de mantenimiento, en ellos se dan los parámetros de operación de los componentes del equipo para que el pesaje y descarga de producto sea lo más exacto posible. El procedimiento que debe realizar el operador es de buscar el programa adecuado al producto y tamaño de producto que se empacará.
- Ajustes de sello de bolsa: después de haber realizado los ajustes anteriores, el operador debe realizar pruebas de sellado de la bolsa en vacío, es decir, sin producto. Esto se hace para estar seguros de que los parámetros establecidos dentro del programa sean los adecuados. Posteriormente que se realizaron pruebas sin producto, se realizan pruebas con bolsas llenas de producto, para asegurar de que el equipo está listo para producir.

5.2.2 Procedimientos en máquina encartonadora

La máquina encartonadora es el equipo en el que se pone mayor énfasis para realizar los cambios de tamaño. Es en ella en donde se realiza la mayor cantidad de ajustes mecánicos y por ello se deben hacer de la mejor manera para evitar que haya paros después del arranque.

En la figura 29 puede observarse la imagen de una máquina encartonadora de cajas que se utiliza para empaclar el producto en diferentes tamaños y presentaciones.

Figura 29. **Máquina encartonadora**



Pueden existir dos situaciones diferentes de cambio de tamaño para la máquina encartonadora: cuando se realiza un cambio de un tamaño grande a un tamaño pequeño y viceversa. Las diferencias entre las dos se concentran en el orden con el cual se realizan los pasos del cambio de tamaño.

También es importante destacar que los procedimientos que se utilizan para realizar los cambios de tamaño son los mismos para las dos líneas de empaque, sin embargo los valores y los parámetros que se utilizan, varían en cada línea, aunque los equipos posean características de

estructura y funcionamiento similares. Es por esta razón que se deben establecer parámetros diferentes para cada línea.

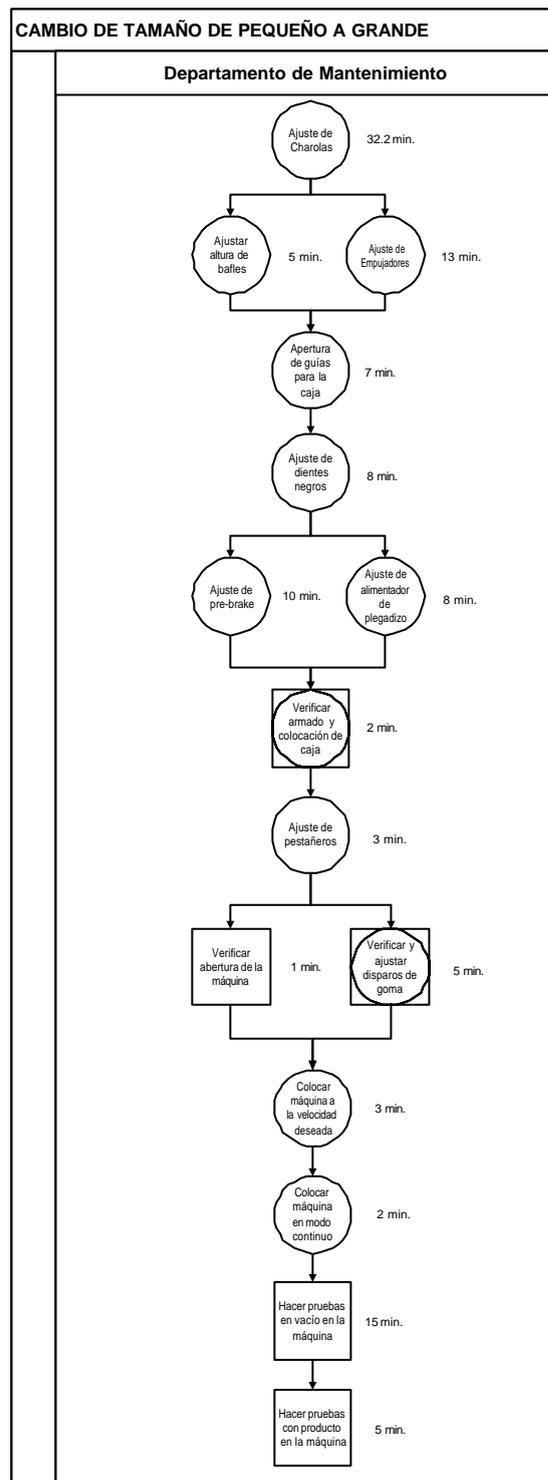
Para realizar el cambio de tamaño de una presentación pequeña a una grande se deben seguir quince pasos en los diferentes sistemas del equipo:

- Paso No. 1: consiste en abrir todas las charolas de la máquina para que el paquete pueda entrar y desplazarse cómodamente por ella.
- Paso No. 2: consiste en cambiar los elementos empujadores de la máquina para que se ajusten al tamaño de la caja a empacar.
- Paso No. 3: debe ajustarse la altura de los baffles, que son los elementos de la máquina que se encargan de presionar las bolsas antes de que ingresen a la caja.
- Paso No. 4: se abren las guías de la máquina respecto del ancho de la caja de plegadizo que será empacada, ya que el tamaño será mayor.
- Paso No. 5: ajuste de dientes negros, los cuales se encargan de guiar las cajas a través de la máquina.
- Paso No. 6: ajuste del alimentador de plegadizo, para que adopte la medida del plegadizo que va a colocarse en él.
- Paso No. 7: ajuste de *prebrake*, el cual se encarga de armar la caja por medio de presión de vacío. En el deben ajustarse la altura y posición de las ventosas que succionan el plegadizo, lo arman y lo colocan en las cadenas de dientes negros.

- Paso No. 8: debe lograrse que la caja armada quede colocada correctamente dentro de las guías de la máquina.
- Paso No. 9: ajuste de los pestañeros de la máquina, los cuales se encargan de cerrar las pestañas que tiene el plegadizo.
- Paso No. 10: verificar que los disparos de goma queden ajustados adecuadamente. Debe verificarse la posición en la caja de cada uno de ellos y que los parámetros dentro del sistema sean los adecuados.
- Paso No. 11: verificar la abertura del carro de la máquina, asegurándose que es la medida correcta para el tamaño de plegadizo que se estará empacando.
- Paso No. 12: poner la máquina a la velocidad establecida para el tamaño de plegadizo.
- Paso No. 13: colocar la máquina en modo de funcionamiento continuo para que pueda arrancarse normalmente, ya que cuando se realizan los ajustes se trabaja por pulsos.
- Paso No. 14: realizar pruebas en vacío en la máquina, es decir, sin producto para verificar que todos los ajustes anteriores han sido realizados y que no haya algún punto pendiente que pueda provocar paros en producción.
- Paso No. 15: realizar pruebas con producto en la máquina antes de que arranque completamente, ya que el comportamiento puede llegar a variar en producción y de esta forma se asegura de que el cambio de tamaño ha sido realizado correctamente.

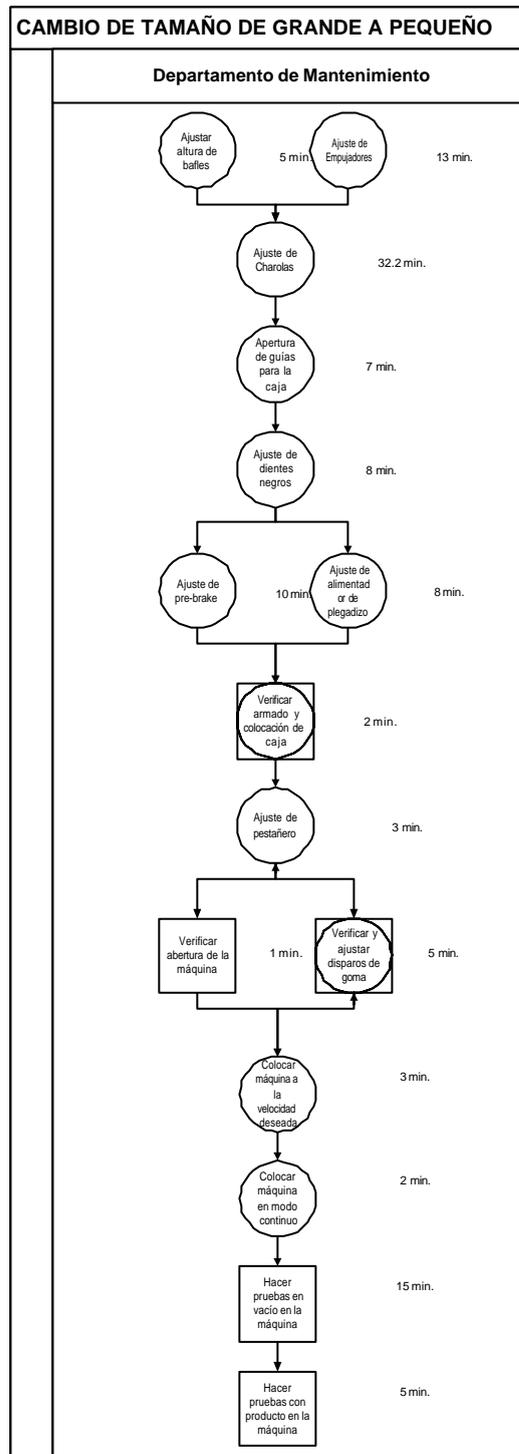
En la figura 30 se observa el flujo que debe seguirse para realizar cambios de tamaño de presentación pequeña a una grande.

Figura 30. Flujo de cambio de tamaño de pequeño a grande



En la figura 31 puede observarse flujo que debe seguirse cuando la situación es pasar de una presentación grande a una pequeña.

Figura 31. Flujo de cambio de tamaño de grande a pequeña



Cuando se realiza el cambio de un tamaño grande a un tamaño pequeño se realizan los mismos pasos que se describieron anteriormente, con la diferencia que el orden de los primeros dos pasos se invierte, debido a que no es posible cerrar las charolas si aún no se han cambiado los empujadores por unos más pequeños. Por lo demás el procedimiento es el mismo.

5.2.3 Procedimientos en máquina empacadora de cajas

Este equipo se encarga de apilar y colocar dentro de los fardos las cajas de plegadizo de producto. Las presentaciones varían de acuerdo con los requerimientos de producción y con el tamaño de plegadizo que se empaque, ya que hay presentaciones para 12, 14 y 24 cajas.

En la figura número 32 se presenta la imagen de una empacadora que se encarga de colocar las cajas de plegadizo dentro de los fardos, de acuerdo con las presentaciones que sean requeridas.

Figura 32. Máquina empacadora de cajas



La máquina tiene varios componentes que son de bastante utilidad cuando se efectúa un cambio de tamaño y es importante identificarlos y conocer su función dentro del equipo:

- **Escala de vernier:** luce como una pequeña regla de aluminio marcada y numerada. Está montada sobre o cerca de la parte de la máquina que debe ser ajustada durante el cambio de tamaño.

En la figura número 33 puede observarse el tipo de escalas que se utilizan para poder determinar los valores adecuados en cada uno de los puntos críticos de la máquina.

Figura 33. Escala de vernier



- **Marca indicadora:** es una pieza metálica pequeña de forma triangular colocada sobre o cerca de la parte que se ajustará de la máquina. Señalará directamente la escala de vernier para indicar el valor que debe colocarse.
- **Etiqueta:** es una etiqueta metálica redonda, pequeña que contiene un número de identificación, la cual se encuentra cerca de la marca indicadora. Este número sirve como referencia para identificar y localizar los componentes de la máquina en los listados de parámetros para los componentes de cambio de tamaño.
- **Mango de ajuste:** es un mango que se puede aflojar o apretar para mover y ajustar el componente a lo largo de la escala.

El procedimiento de cambio de tamaño consiste básicamente en cambiar algunos de los componentes de la máquina de acuerdo con el tamaño que habrá de empacarse y colocar los valores correctos para el tamaño en cada una de las escalas de vernier que tiene el equipo en los diferentes puntos establecidos.

El primer aspecto a tomar en consideración para realizar el cambio de tamaño es el de seguridad de las personas que lo realizan, dentro de estos aspectos se pueden mencionar:

- Asegurarse de que la máquina esté apagada.
- Remover producto y las cajas que pueda haber dentro de la máquina.
- Preparar todas las partes que se requieren para hacer el cambio de tamaño en la máquina.

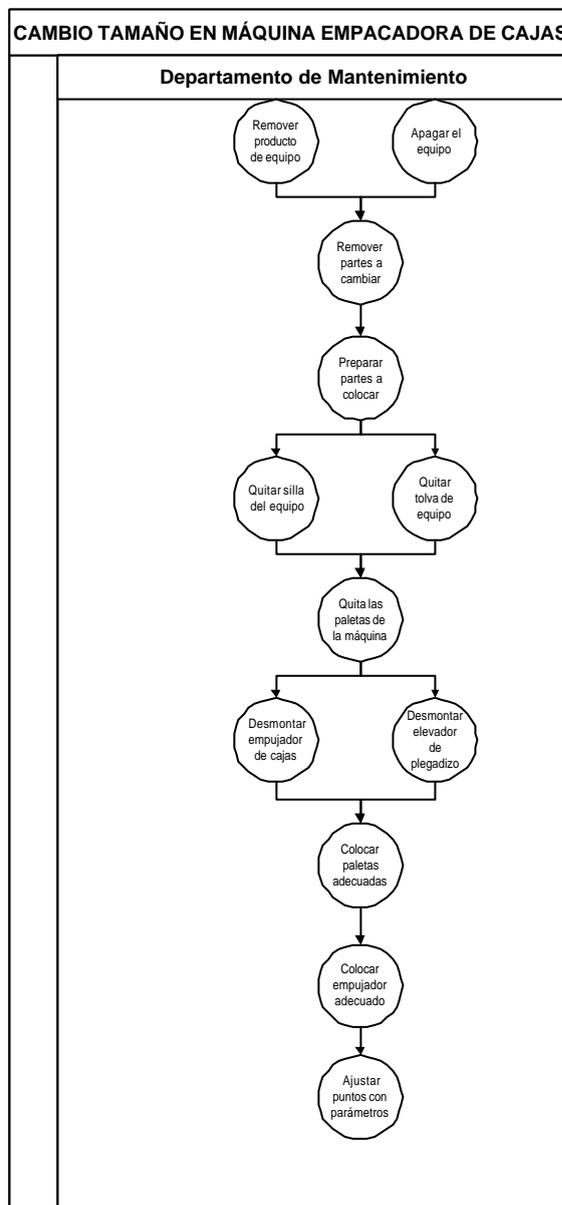
Después de que se han tomado las precauciones necesarias de acuerdo con los aspectos de seguridad, se procede a realizar los pasos establecidos para hacer el cambio de tamaño:

- Paso No. 1: debe quitarse la tolva y la silla del equipo que se utilizan para meter las cajas en los fardos para colocar las que corresponden al tamaño requerido.
- Paso No. 2: quitar las paletas que tienen como función correr y apilar las cajas de plegadizo.
- Paso No. 3: desmontar el elemento elevador y empujador del plegadizo.
- Paso No. 4: en este punto deben colocarse las nuevas paletas de acuerdo con el tamaño que se vaya a utilizar y ajustarlas en las escalas a la medida establecida en las tablas de parámetros.
- Paso No. 5: debe colocarse el nuevo empujador, de acuerdo con el tamaño de empaque que se utilice.

- Paso No. 6: tomar como guía los valores establecidos en las tablas de parámetros de ajuste que se encuentran a disposición del personal de mantenimiento para la realización de cambios de tamaño.

En la figura 34 puede observarse el diagrama de flujo de los pasos que deben seguirse para realizar el cambio de tamaño en la empacadora de cajas, los cuales se describirán a continuación.

Figura 34. Flujo del cambio de tamaño en empacadora de cajas



En la figura 35 se puede observar un ejemplo de la tabla de valores y parámetros que se utiliza como referencia en los equipos para la realización de cambios de tamaño. El valor de la tabla, es el valor en el cual debe de posicionarse cada componente, de acuerdo con la escala de vernier que tiene.

Figura 35. **Tabla de parámetros de ajuste en cambio de tamaño**

Lista de Ajustes en Cambio de Tamaño

Línea de Empaque:
 Equipo: **Case Packer**
 Modelo:
 Serie:
 Tamaño:

Parte No.	Descripción	Colocar en
1	Banda Dosificadora (Superior)	39
2	Guía alimentadora de banda medidora	27
3	Guía de Alimentación	13
4	Guía de Alimentación	13
5	Guía de Alimentación	13
6	Guía de Alimentación	10
7	Rodillo de Fricción (Arriba/Abajo)	10
8	Rodillo de Fricción (Lado/Lado)	85
9	Guía de alimentación a Rodillos de Fricción	4
10	Barra Apiladora (Adentro/Afuera)	52
11	Zapato de Alimentación (Adentro/Afuera)	124
12	Zapato de Alimentación (Arriba/Abajo)	15
13	Brazo de Paleta empujadora 1 (Arriba/Abajo)	43
14	Brazo de Paleta empujadora 1 (Lado/Lado)	215
15	Brazo de Paleta empujadora 2 (Arriba/Abajo)	80
16	Brazo de Paleta empujadora 2 (Lado/Lado)	110
17	Brazo de Paleta empujadora 3 (Arriba/Abajo)	88
18	Brazo de Paleta empujadora 3 (Lado/Lado)	42
19	Barra Aérea de Presión	18
20	Empujador	51
21	Sensor Detector de Apilado	68
22	Placa que detiene las cajas	35
23	Cilindro de Empujador	51
24	Selector de Levantamiento	7
25	Switch para levantar silla	105
26	Sensor de movimiento de sistema paletas	69
27	Cilindro de Sistema de Paletas	101
28	Selector de Piso	1

5.2.4 Procedimiento en máquina selladora de fardos

La máquina selladora se encarga de colocar la goma y pegar los fardos que han sido empacados en la máquina anterior. Su mecanismo de funcionamiento es bastante simple por lo que los ajustes a realizar son pocos.

El ajuste que debe hacerse en este equipo es el de colocar el carro superior de la máquina a la altura adecuada, dependiendo del tamaño de los fardos. Este tamaño varía de acuerdo con la presentación que se esté empacando y al número de cajas de plegadizo que tenga cada uno, por lo que la altura variará dependiendo de estos factores. Es importante que se realice en forma adecuada este ajuste para que el pegado de los fardos sea correcto.

5.3 Estudio del trabajo

Para que puedan realizarse mejoras en los procedimientos de cambios de tamaño en las líneas de empaque debe hacerse un análisis de los aspectos más importantes de los procesos y en los cuales pueda realizarse alguna mejora.

5.3.1 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se realiza en la máquina encartonadora, por la necesidad que se tiene de establecer parámetros estándar para la reducción de tiempos de paro en las líneas y de costos de mano de obra del personal de mantenimiento.

La razón por la que se efectúa el estudio en la máquina encartonadora es debido a que es en donde se realiza la mayor cantidad de ajustes y se consume la mayor parte del tiempo del cambio de tamaño.

Adicionalmente, en esta máquina no se tienen parámetros establecidos como en la empacadora de fardos, en la cual se tienen tablas con parámetros y puntos de medición establecidos y el tiempo del cambio de tamaño es menor.

Para realizar el estudio, se tomaron los tiempos de cada una de las actividades que se desarrollan para realizar el cambio de tamaño y poder obtener un tiempo total de cambio de tamaño. Para mostrar el desarrollo del estudio, se toma como referencia la primera actividad, que es el ajuste de charolas:

- Para obtener los resultados, se tomaron lecturas de cronómetro con método vuelta a cero del ajuste de cada una de las charolas en el cambio de tamaño:

Los datos obtenidos de 10 lecturas son (en segundos):

35, 45, 30, 32, 36, 30, 40, 33, 32, 37

Obteniendo un tiempo promedio de la actividad se tiene: 35 segundos

Para calcular el número ideal de observaciones es necesario utilizar el ábaco de *Lifson*:

$$B = (S-I)/(S+I)$$

En donde:

B = es un valor que sustituye la desviación típica

S = Tiempo superior

I = Tiempo inferior

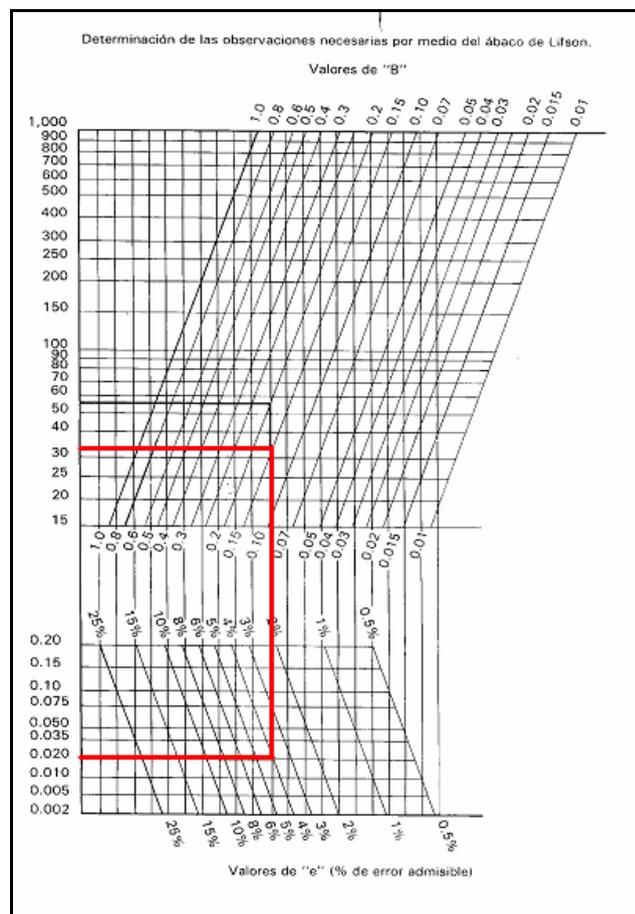
$$B = (45-30)/(45+30) = 0.2$$

Asumiendo un valor de error (e) de 5% y un riesgo del 2% se obtiene según gráfico de ábaco de *Lifson* que el valor N de observaciones es de:

N = 35, sin embargo se tiene que tomar en cuenta el número de observaciones que se tienen, para totalizar 45 observaciones.

En la figura número 36 se puede observar el ábaco de *lifson* que es la herramienta que se utiliza para la determinación del número de observaciones que son necesarias para obtener una muestra de datos significativos en el análisis.

Figura 36. **Ábaco de *lifson***



Para poder obtener un valor de tiempo estándar se deben tomar en cuenta las tolerancias que puedan tenerse. Estos valores corresponden a actividades externas a la actividad como fatiga de la persona que realiza la actividad, actividades de preparación de herramientas y lugar de trabajo, y consideraciones extraordinarias como el hecho de que haya que cambiar de agujeros los tornillos en una charola para que pueda llegarse a la medida correcta o cambiar un tornillo de una charola debido a que está sobado o roto. Debido a estas consideraciones se tomará un valor de tolerancias del 15 %.

Como se tomaron en consideración todos estos factores, es posible obtener el tiempo estándar para cada charola:

$$T \text{ estándar} = 35 \text{ segundos} + 5.25 = 40.25 \text{ segundos}$$

Para realizar la actividad, debe ajustarse en total 48 charolas, el tiempo de la actividad será de:

$$T \text{ estándar} = 40.25 \text{ segundos} * 48 = 1932 \text{ segundos, que equivalen a } \mathbf{32.2 \text{ minutos.}}$$

En esta forma es posible realizar el cálculo del tiempo estándar de cada una de las actividades que se realizan y al final se podrá obtener el tiempo total para el cambio de tamaño.

En la tabla XVI pueden apreciarse los resultados obtenidos para cada una de las actividades que involucra el cambio de tamaño, con sus respectivos tiempos estándar; de esta forma se obtiene el valor total estándar para el tiempo de duración para todos los cambios de tamaño que se realicen en las líneas de empaque.

Tabla XVI. **Listado de tiempos estándar de actividades de cambio de tamaño**

Actividad	Descripción	Tiempo estándar
1	Ajuste de charolas	32.2 minutos
2	Ajuste de empujadores	13 minutos
3	Ajuste de bafles	5 minutos
4	Abertura de máquina	7 minutos
5	Ajuste de dientes negros	8 minutos
6	Ajuste de alimentador de plegadizo	8 minutos
7	Ajuste de prebrake	10 minutos
8	Ajuste de armado de caja	2 minutos
9	Ajuste de pestañeros	3 minutos
10	Verificación disparos de goma	5 minutos
11	Verificación de apertura de máquina	1 minuto
12	Verificación de velocidad de máquina	3 minutos
13	Verificación de funcionamiento continuo	2 minutos
Tiempo estándar del cambio de tamaño:		99.2 minutos
		1.65 horas

Es importante tomar en cuenta que los tiempos que se calcularon son un parámetro de referencia, ya que algunas veces se tienen condiciones que no son de tipo mecánico u operacional, como la variación en la densidad del producto o variaciones en los materiales de empaque, los cuales provocan un mayor tiempo en la realización del cambio de tamaño y ajustes para el mismo.

5.3.2 Estudio de movimientos de las actividades

El estudio de movimientos es una técnica del análisis de los métodos de las actividades. Su enfoque está orientado en mayor parte a las actividades de tipo operacional. Sin embargo, la actividad de cambios de tamaño en líneas de empaque es realizada por el personal de mantenimiento, y un análisis de este tipo puede ayudar a mejorar la eficiencia de los cambios de tamaño y a identificar operaciones inadecuadas.

El objetivo de realizar un estudio de movimientos de las actividades de cambios de tamaño es el de identificar todos los movimientos que son necesarios para hacer cada una de las actividades que los mecánicos deben realizar, para poder optimizar tiempos y esfuerzos en la realización de los procedimientos. Con este análisis será posible identificar pasos que no son necesarios o que pueden ser optimizados para eliminar actividades ineficientes.

Algunos de los resultados obtenidos de este estudio visual de movimientos son los siguientes:

- Utilización de herramientas mecanizadas para la facilitación del desarrollo de algunas actividades, como los destornilladores eléctricos que se utilizan para realizar las actividades de ajuste de charolas y cambio de empujadores.
- Se busca que las operaciones múltiples se efectúen con herramientas combinadas.
- Evitar que las dos manos se encuentren simultáneamente inactivas.
- Tomar en cuenta que para asir herramientas deben emplearse las falanges o segmentos de los dedos más cercanos a la palma de la mano.
- Se destinan sitios fijos para las herramientas y materiales que se utilizan en el cambio de tamaño, con el fin de permitir la mejor secuencia de operaciones y eliminar elementos como buscar y seleccionar. Para esto se procura de que cuando se recibe la notificación de un cambio de tamaño, el mecánico encargado de efectuar la tarea se tome un tiempo para preparar todos los elementos necesarios para dicha actividad.

- Cuando se esté realizando cada una de las actividades de cambio de tamaño todos los materiales y herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo.
- Deben tomarse en cuenta los factores de iluminación y ventilación adecuados para realizar las actividades.
- No deben coincidir dos personas en un mismo punto de la máquina, ya que esto provocará interferencia entre sus actividades y tiempo de ocio para cualquiera.

Todas estas actividades serán un complemento al establecimiento de parámetros de medidas y tiempos para la realización de cambios de tamaño, ya que están enfocados en la optimización del proceso.

5.4 Establecimiento de parámetros estándar

Para que los procedimientos puedan ser ejecutados por todo el personal de mantenimiento de la misma manera y que los ajustes que se realicen sean exactos, es necesario el establecimiento de parámetros estándar para la ejecución de las actividades de cambios de tamaño y de que todo el personal los ejecute.

5.4.1 Mano de obra

Cada vez que se realiza un cambio de tamaño debe contarse con el personal adecuado para realizar la actividad. En condiciones normales hay tres mecánicos del departamento de mantenimiento asignados al área de empaque, los cuales se encargan de realizar las actividades de tipo correctivo, preventivo y de emergencia que puedan surgir en el área. Dentro de estas actividades que deben realizar los mecánicos se encuentran los cambios de tamaño que solicita producción.

De acuerdo con los tiempos estándares establecidos anteriormente, se puede decir que los requerimientos de mano de obra para realizar los cambios de tamaño son los siguientes:

- Para hacer el procedimiento de cambio de tamaño en la encartonadora, es necesario contar con dos mecánicos que estén familiarizados con los equipos del área de empaque; pueden ser mecánicos o electricistas, ya que el tipo de ajustes que se deben hacer son de tipo mecánico.
- Para realizar el procedimiento de cambio de tamaño en la empacadora de fardos se utiliza a los dos mecánicos que se encuentran en el área de proceso, de ellos uno es mecánico y otro electricista, sin embargo los ajustes que se realizan son de tipo mecánico.

En esta forma se optimizan los recursos de mano de obra, porque mientras los mecánicos del área de empaque trabajan en los ajustes en la encartonadora, los mecánicos del área de proceso realizan el cambio de tamaño en la empacadora de fardos.

5.4.2 Tiempos de ejecución

Para establecer los parámetros estándar de tiempos de ejecución de las actividades del cambio de tamaño se hizo uso de un estudio de tiempo. Por lo mismo, los resultados que se obtuvieron de éste, nos proporcionan los parámetros de tiempo que se utilizarán como base.

Como se mostró en la página 128 y tabla XIV, el tiempo estándar de ejecución para un cambio de tamaño será de 1.65 horas. Este tiempo comprende todos los ajustes en todos los equipos, ya que el trabajo lo realizan paralelamente los mecánicos del área de proceso y de empaque,

para que el tiempo de paro sea el menor posible. Es importante recordar que este tiempo puede sufrir variaciones, que en su mayoría serán ocasionadas por causas externas.

5.4.3 Medidas de ajuste en equipos

Para que el proceso esté cubierto completamente, no son suficientes los parámetros de cantidad de personal y de tiempos de ejecución que se han obtenido anteriormente. Para que los tiempos sean respetados y se cumplan de la mejor forma posible es importante tener una tabla de valores en la cual se brinden los parámetros estándar para los puntos críticos de cada equipo.

Como se muestra en la figura número 33 de la página 123, los puntos críticos y los parámetros estándar para cada uno de éstos en la máquina empacadora de fardos ya se han establecido. Esto permite tener una guía para las personas que realizan los cambios de tamaño en este equipo. Esta guía puede ser utilizada como material de inducción en las actividades del departamento para el personal nuevo.

Para la máquina encartonadora se tienen varios puntos críticos, sin embargo, para cada uno de los tamaños que se empacan debe tenerse un parámetro distinto, es por esta razón que se debe tener una tabla con los valores establecidos, y tratar de que se respeten en la medida que sea posible. Los parámetros se han tomado utilizando la guía que proporciona el manual del fabricante y con el funcionamiento del equipo en cada tamaño, tomando las medidas directamente de los puntos establecidos en el equipo.

En la tabla XVII se pueden observar los parámetros obtenidos para los cuatro contadores que se encuentran en el alimentador de plegadizo de la máquina encartonadora. Estos valores están representados para tres

tamaños diferentes de producto, y variarán con cada uno de los tamaños que se empacan en la línea.

Tabla XVII. **Parámetros de contadores de alimentador de plegadizo**

	Contadores de alimentador de plegadizo			
Tamaño	1	2	3	4
134	98597	11175	99911	99994
330	99003	11021	00004	99998
226	98971	9686	99951	99998

En la tabla XVIII se pueden apreciar los puntos críticos que se han identificado en la máquina encartonadora, en los cuales se han colocado escalas para poder apreciar de una mejor forma los valores y con el objetivo de facilitar la realización de cambios de tamaño. En la tabla se presentan los valores obtenidos para tres tamaños diferentes.

En la tabla XIX se pueden apreciar los valores establecidos para cada tamaño en los canales programados en el sistema. Estos valores se envían directamente al PLC de la máquina para que realice las funciones que son necesarias. Los primeros cuatros canales controlan las cuatro pistolas de goma de la máquina, y su función es hacer los disparos de goma en los puntos establecidos.

El canal número cinco es el del armado en el *rotary feeder*. Por último los canales siete y ocho son los que controlan la caída del paquete de la máquina embolsadora, para que la sincronización de la caída de la salida de los paquetes de la máquina embolsadora coincidan con los sistemas de paletas y de charolas de la máquina encartonadora.

Tabla XVIII. **Parámetros estándar en puntos críticos de la máquina encartonadora**

Tamaño	Profundidad ventosas	Apertura charolas	Siza	Altura prebreak	Altura ventosas	Altura dientes blancos	Apertura de máquina	Altura de barra plegadizo
134	2 3/4"	8"	14 1/4"	2 11/16"	3 1/2"	2 1/4"	1 5/8"	2 5/8"
330	3"	9 1/2"	14 1/4"	3"	4 1/2"	3 7/16"	5"	5"
226	2 3/4"	9"	14 1/4"	3 7/8"	3 3/4"	2 7/8"	3 1/8"	3"

Tabla XIX. **Parámetros estándar en canales programados en sistema**

Tamaño	1. Goma	2. Goma	3. Goma	4. Goma	5. Prebreak	6. Caída paquete	7. Caída paquete
134	192-200, 296-302	154-161, 254-258	98-118, 186-202	112-136, 200-218	185-211	30-61	250-278
330	145-158, 254-272	114-122, 232-242	76-100, 178-202	86-116, 181-215	200-225	60-90	300-330
226	182-194, 294-304	134-142, 242-251	84-111, 176-198	80-105, 178-201	200-220	120-150	10-40

5.5 Manual de operación de máquina embolsadora

Debido a la necesidad que existe dentro del área de empaque de evitar fallos de los equipos debido a errores operacionales y debido a una reestructuración que se está realizando dentro de la empresa en donde los mecánicos de mantenimiento deben aprender a operar los equipos, es necesario tener un manual de operación de los equipos más críticos de la línea.

Por esta razón se ha hecho un manual de operación para las máquinas embolsadoras, ya que en ellas es necesario conocer a profundidad sus componentes y tomar en cuenta los fallos que puedan tener. Este manual debe estar al alcance de todo el personal de planta para que puedan mejorarse las operaciones.

5.5.1 Procedimiento de operación

El manual está enfocado a reforzar todos los aspectos referentes a la operación de los equipos. Contiene todos los elementos que hacen referencia a la seguridad del operador para evitar que se produzcan accidentes por mala operación del equipo.

Se hace una descripción de todos los sistemas que contiene el equipo, en los cuales se enumeran los diferentes componentes de cada uno y algunos ajustes que puedan ser necesarios. También se da una orientación en la configuración de la máquina. Se presentan todas las pantallas que son necesarias para operar el equipo, con todas las funciones que presenta y las opciones que pueden ser seleccionadas en cada una de ellas. Esto brinda una orientación más detallada para la persona que está leyendo el manual, ya que se le presentan las opciones que debe elegir en cada pantalla de forma gráfica y como si lo estuviera viendo en la máquina.

Se presenta un capítulo en el cual se describen los procedimientos para configurar los programas dentro de la máquina, por medio del cual pueden conocer los parámetros que necesitan establecerse para poder crear un programa de operación.

Después de que se han descrito todos los aspectos operacionales, es la importante de que la persona que está encargada de operar la máquina embolsadora conozca a profundidad la máquina. Por esta razón se describe a profundidad cada uno de los sistemas y elementos que componen el equipo, en aspectos mecánicos y eléctricos.

5.5.2 Posibles fallas y soluciones

Con el objetivo de que el operador tenga un conocimiento general de las fallas más comunes que se presentan en los equipos y las acciones inmediatas que debe tomarse para solucionarlos se presenta una tabla con todos estos aspectos.

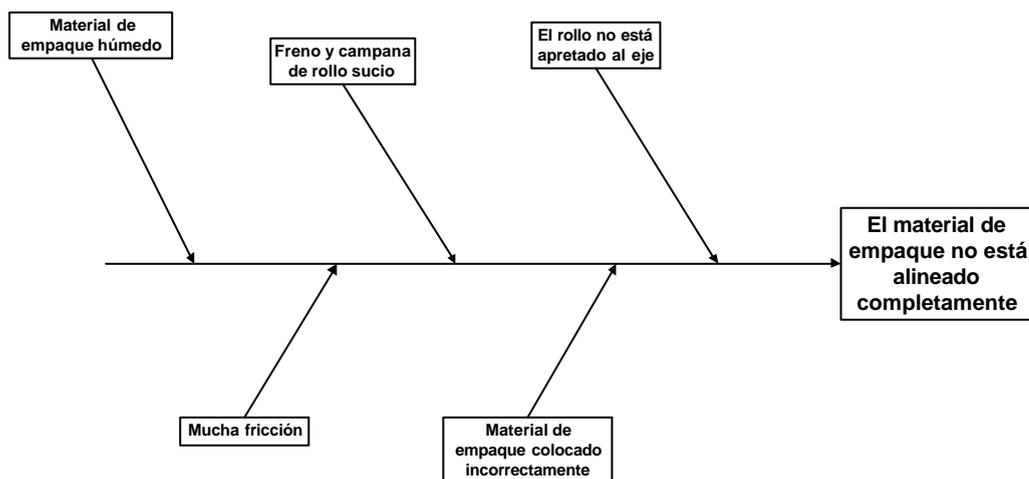
En la tabla se enumeran los siguientes aspectos:

- **Problema:** se refiere a los problemas más comunes que se presentan en la operación del equipo. Se enumeran a problemas de alineación de materiales de empaque, al sello de las bolsas empacadas, al mal funcionamiento de las cuchillas de la máquina y a problemas en los sistemas neumáticos.
- **Causa probable:** en esta columna se colocan las posibles causas u orígenes del problema que se presenta. Estas causas pueden ser de tipo mecánico, eléctrico, neumático u operacional, dependiendo el caso específico de cada una de ellas, siendo las más frecuentes las causas de tipo operacional.

- Acción correctiva: por último se presenta una columna en la cual se describen los procedimientos que deben seguirse para solucionar los problemas descritos anteriormente. El objetivo de este manual es que la persona que opere el equipo sea capaz de solucionar este tipo de problemas comunes durante la operación del equipo y no haya necesidad de solicitar la ayuda del mecánico de mantenimiento.

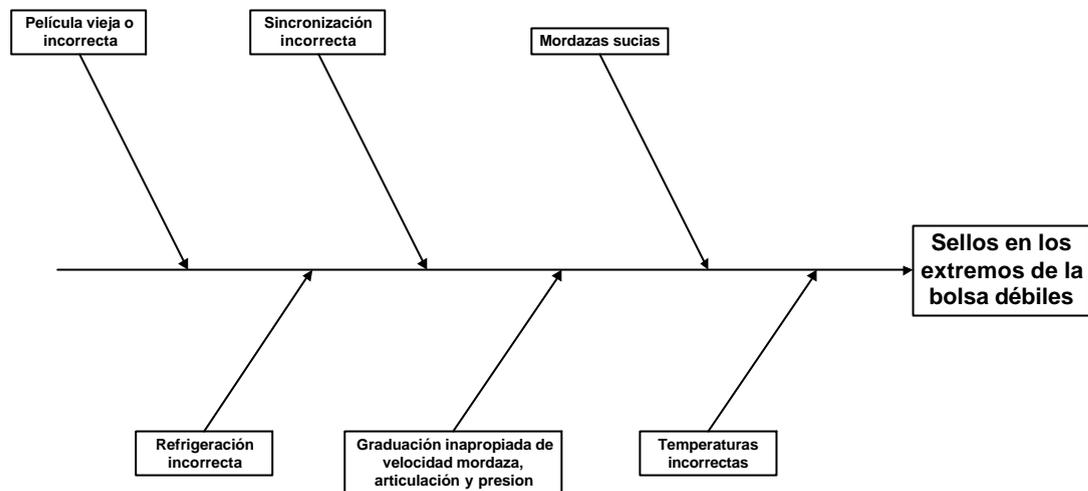
En la figura 37 puede observarse el diagrama de causa y efecto para uno de los problemas comunes que pueden presentarse en la operación de las máquinas embolsadoras, en este caso específico se trata de las causas que originan los problemas de alineación de la bobina en las embolsadoras. En éstos se presenta el problema principal y las posibles causas que originan el mismo.

Figura 37. **Diagrama causa – efecto para problema de alineación de *liner* en embolsadoras**



En la figura 38 se presenta el caso específico de las causas que generan problemas en el sellado de las bolsas en producción normal en los equipos.

Figura 38. Diagrama causa – efecto para problema de sellado de bolsas



En esta forma se presentan diversas situaciones que pueden llegar a ocurrir, con sus posibles causas y con una guía de las acciones correctivas que deben tomarse para solucionar los problemas.

5.5.3 Recomendaciones al operador

En este capítulo del manual se ha recopilado información de tipo práctico con los operadores más experimentados de la planta, con el objetivo de proporcionar sugerencias y consejos prácticos de operación al personal que no tiene experiencia en la operación o como guía para personal nuevo.

Debido a que en los manuales que proporciona el fabricante para cada uno de sus equipos existen aspectos prácticos que no se mencionan y que se conocen con base en la experiencia en campo, es importante que las personas experimentadas de la empresa y que conocen bastante bien la operación y funcionamiento de los equipos compartan esta información y faciliten el aprendizaje de todos.

5.6 Costos y beneficios

De acuerdo con los parámetros que se obtuvieron de tiempos y mano de obra es posible que se optimicen los costos. Esto debido a que se tiene un tiempo establecido para la realización de cada actividad del cambio de tamaño. De igual forma, los parámetros establecidos para cada punto crítico de ajuste de la máquina son importantes, ya que por su medio es posible la reducción de los tiempos de ajuste.

Con los procedimientos establecidos y las tablas de valores para la realización de los cambios de tamaño será posible hacer una distribución adecuada de las actividades para que se aproveche al máximo la mano de obra disponible.

Los costos que están involucrados en los cambios de tamaños son el de la mano de obra del departamento de mantenimiento, el tiempo de paro del equipo, el cual representa un costo por dejar de producir, posibles desperdicios de producto y materiales de empaque ocasionados por un mal ajuste de los componentes del equipo. Es en todos estos aspectos se obtendrán beneficios a medida de que los procedimientos y valores sean implementados dentro de las operaciones de la planta.

CONCLUSIONES

1. Para la implementación del nuevo sistema de administración de mantenimiento en SAP es necesario tener una base de datos de toda la información necesaria. Esta información se obtuvo a partir de levantamiento en campo, manuales de operación de los equipos y la experiencia del personal que labora en la empresa. Como resultado las transacciones de mantenimiento y de la bodega de repuestos de la empresa se realizan en SAP efectivamente.
2. Dentro de la bodega de repuestos debe existir una guía para poder clasificar los repuestos. Un análisis ABC proporciona las herramientas para establecer en cuáles repuestos se concentra el mayor costo dentro de la bodega. Para estos repuestos críticos se han establecido los niveles de inventarios que se manejarán, utilizando una estrategia de punto de reorden y con estos se mantendrán en stock las cantidades realmente necesarias.
3. Una administración efectiva de las actividades de mantenimiento de la empresa necesita un programa que le dé soporte. Por medio de una base de datos de toda la información de mantenimiento será posible estructurar un plan específico para el mantenimiento de los equipos de la empresa. El establecimiento de las rutinas de mantenimiento y sus frecuencias serán fundamentales para lograr que las actividades de tipo preventivas representen el mayor porcentaje del total de actividades que realice el personal de mantenimiento.
4. Para actividades críticas para la planta como los cambios de tamaño es necesario una estandarización. El establecimiento de un procedimiento para la ejecución de las actividades y soportado por un

estudio de tiempos y de actividades que se realizan será posible establecer parámetros estándar de ejecución. Con esta información será posible el establecimiento de parámetros estándar y la futura implementación de mejoras en los equipos, en los procesos o en las herramientas que se utilizan para realizar los procedimientos para poder hacer reducciones de tiempo, que se transforman en tiempos de producción de las líneas.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que dentro de la planta de producción continuamente se producen modificaciones a los equipos o se rotan algunos equipos, es necesario que el personal de mantenimiento actualice la información dentro del sistema y se lleve un control del movimiento que puedan tener.
2. Para que el sistema controle automáticamente los valores de inventario de los repuestos, es necesario que se respeten y de la misma forma el personal de la bodega de repuestos debe identificarse los repuestos que no tienen movimiento dentro de la bodega para poder darlos de baja.
3. La persona que planifique el mantenimiento debe establecer una programación de mantenimiento conjunta con la planificación de producción para que las frecuencias de los programas de mantenimiento de todas las líneas de producción sean respetados y puedan reducirse los recursos utilizados para las actividades de mantenimiento correctivo.
4. El seguimiento que se tenga de los parámetros establecidos para los cambios de tamaño es fundamental para la futura implementación de mejoras. Con la estandarización deben existir reducciones de costos en los recursos a utilizar, provocando que las líneas se detengan el menor tiempo posible para estas actividades.

BIBLIOGRAFÍA

1. Maldonado Dumas, Douglas. **Modelos de inventarios aplicados a los planes de operación y mantenimiento preventivo del área de generación de energía del Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla.** USAC, Facultad de Ingeniería, 1998.
2. González Delgado, Nelson Elías. **Diseño de un control de inventarios tipo ABC en la bodega del Organismo Legislativo.** USAC, Facultad de Ingeniería, 2003.
3. Niebel, Benjamín. Freibalds, Andrés. **Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo.** México, Alfaomega, 2001, 750 p.