



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

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP PARA LA
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS
DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A.**

Carlos Fernando Méndez Marroquín

Asesorado por el Ing. Ernesto Daniel Alvarado Jiménez

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP PARA LA
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS
DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS FERNANDO MÉNDEZ MARROQUÍN
ASESORADO POR EL ING. ERNESTO DANIEL ALVARADO JIMÉNEZ

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murhpy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murhpy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de enero de 2013.


Carlos Fernando Méndez Marroquín

Guatemala, 9 de mayo de 2014

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas

Director

Escuela Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo. Por medio de la presente hago constar que el trabajo de graduación titulado: **"PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A."**, del estudiante **Carlos Fernando Méndez Marroquín** con número de carné **2007-14274**, luego de ser revisado y asesorado; procedo a dar la aprobación del mismo, para que siga el trámite correspondiente.

Atentamente,

Ernesto Daniel Alvarado Jiménez
Ingeniero Mecánico Industrial
Cost 7093

Ing. Ernesto Daniel Alvarado Jiménez
Asesor de Trabajo de Graduación



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Fernando Méndez Marroquín**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

INGA. KARLA MARTÍNEZ
Colegiada 5,706

Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial


Guatemala, mayo de 2014.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Fernando Méndez Marroquín**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2014.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE MP PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN EN FOSFORERA CENTROAMERICANA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Fernando Méndez Marroquín**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Récinos
Decano



Guatemala, septiembre de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por iluminar cada paso que he dado en mi vida y las decisiones que he tomado, permitiendo que todas mis metas sean alcanzadas.
- Mi madre** Gloria Marroquín, por darme la vida y cuidarme en cada momento, quien con mucha dedicación ha mantenido unido mi hogar, sus consejos me han hecho quien soy ahora.
- Mi padre** Leoncio Méndez, por su apoyo incondicional, sus sabios consejos, su tiempo y motivación en cada etapa de mi vida.
- Mi hermano** Menfil Orlando Méndez Marroquín. Por convertirse en mi mayor motivación, enseñándome a vivir y guiando mis pasos, sus palabras permanecerán en mi mente por siempre (q.e.p.d.)
- Mi familia** Quienes en su momento me han apoyado.
- Mis amigos** Por el apoyo y sobre todo por acompañarme a lo largo de mi carrera, conservaré siempre todos los recuerdos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Fosforera
Centroamericana, S.A.**

Por la confianza y contribuir al desarrollo de mi vida profesional.

Área Técnica de Fosforera

Por el apoyo y los conocimientos que me brindaron en el desarrollo del presente trabajo de graduación.

Mi asesor

Ing. Ernesto Alvarado, por el apoyo en la realización del presente trabajo.

Facultad de Ingeniería

Por los conocimientos adquiridos durante mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Antecedentes generales de la industria fosforera.....	1
1.1.1. Descubrimiento de la cerilla.....	1
1.1.2. Evolución de la fabricación de fósforos	3
1.2. Reseña histórica de Fosforera Centroamericana, S.A	3
1.2.1. Descripción de la empresa	5
1.2.2. Ubicación	6
1.2.3. Misión	7
1.2.4. Visión.....	7
1.2.5. Valores organizacionales.....	8
1.3. Estructura organizacional	8
1.3.1. Organigrama de la empresa	9
1.3.2. Productos que comercializa la empresa	10
1.3.3. Participación en el mercado de la industria fosforera	11
1.4. Proceso de fabricación de fósforo de madera y cartera	11
1.4.1. Fósforos de madera.....	11
1.4.2. Fabricación de palitos.....	12
1.4.3. Línea auxiliar	13

1.4.4.	Línea KL-2	13
1.4.5.	Línea C-148.....	17
1.4.6.	Fósforos de cartera.....	19
1.5.	Mantenimiento	21
1.5.1.	Mantenimiento general	21
1.5.2.	Mantenimiento preventivo.....	22
1.5.2.1.	Mantenimiento condicional	23
1.5.3.	Mantenimiento correctivo.....	23
1.5.4.	Tendencias actuales de mantenimiento	24
1.5.4.1.	Mantenimiento predictivo	25
1.6.	Sistemas de información gerencial.....	25
1.6.1.	Planificación y control	26
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	29
2.1.	Diagnóstico general del sistema de mantenimiento	29
2.1.1.	Control de rutinas	30
2.1.2.	Ambiente general	31
2.1.3.	Insumos y repuestos.....	31
2.1.4.	Personal de mantenimiento	32
2.1.5.	Equipo para el mantenimiento	33
2.1.6.	Funciones del personal operativo	33
2.2.	Organización del Departamento Técnico	33
2.2.1.	Funciones del Departamento Técnico	34
2.2.2.	Aspectos importantes para el Departamento Técnico.....	34
2.3.	Condición actual de los equipos	36
2.4.	Función principal de los equipos	37
2.4.1.	Equipo de línea auxiliar	38
2.4.2.	Equipo de línea C-148.....	40

2.4.3.	Equipo de línea KL-2	44
2.4.4.	Equipo de línea de cartera.....	49
2.4.5.	Equipo de línea de palitos	51
2.5.	Descripción del programa actual de mantenimiento.....	52
2.6.	Identificación de las fallas más frecuentes	53
3.	PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	55
3.1.	Descripción de rutinas de inspección	55
3.1.1.	Inspección para línea auxiliar	56
3.1.2.	Inspección para línea KL-2	57
3.1.3.	Inspección para línea C-148.....	60
3.1.4.	Inspección para línea de palitos	63
3.1.5.	Inspección para línea de cartera.....	65
3.2.	Descripción de rutinas de mantenimiento.....	68
3.2.1.	Mantenimiento para línea auxiliar	68
3.2.2.	Mantenimiento para línea KL-2.....	69
3.2.3.	Mantenimiento para línea C-148.....	69
3.2.4.	Mantenimiento para línea de palitos	69
3.2.5.	Mantenimiento para línea de cartera	70
3.3.	Descripción del software de gestión	70
3.3.1.	Equipos.....	71
3.3.1.1	Campos para registro de equipos.....	72
3.3.1.2.	Catálogos	74
3.3.1.3.	Listado de mantenimientos preventivos y correctivos	74
3.3.1.4.	Calendarios	75
3.3.1.5.	Recursos	76
3.3.2.	Planes.....	77
3.3.2.1.	Catálogo de planes.....	79

	3.3.2.2.	Edición.....	79
	3.3.2.3.	Despliegue.....	79
3.3.3.		Consumos e insumos	80
	3.3.3.1.	Materiales.....	81
	3.3.3.2.	Mano de obra	82
3.3.4.		Ordenes de trabajo.....	82
	3.3.4.1.	Generación de órdenes de trabajo	83
	3.3.4.2.	Órdenes preventivas	84
	3.3.4.3.	Órdenes correctivas	84
	3.3.4.4.	Historial	85
	3.3.4.5.	Reporte de fallas	85
3.3.5.		Gráficos de reporte.....	85
	3.3.5.1.	Gráfico de actividades realizadas.....	87
	3.3.5.2.	Gráfico de actividades realizadas vs. programadas	88
	3.3.5.3.	Pareto de fallas.....	89
3.3.6.		Utilerías	89
3.4.		Descripción del procedimiento.....	89
3.5.		Ventajas del sistema propuesto.....	91
3.6.		Desventajas del sistema propuesto.....	92
4.		IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	93
4.1.		Determinación de las actividades necesarias para elmantenimiento	93
4.2.		Descripción de las órdenes de trabajo	94
4.3.		Descripción de los índices de medición a utilizarse.....	96
4.4.		Análisis económico.....	98

4.4.1.	Relación actual mantenimiento preventivo y correctivo	104
4.4.2.	Materiales	107
4.4.3.	Mano de obra.....	108
4.4.4.	Costos indirectos	108
4.4.5.	Interpretación de resultados	108
4.4.6.	Relación óptima mantenimiento preventivo y correctivo	109
4.5.	Establecimiento de la base de datos	109
4.6.	Procedimiento para la actualización de información.....	110
5.	MEJORA CONTINUA.....	111
5.1.	Mejora continua	111
5.2.	Supervisión del programa.....	112
5.3.	Evaluación de los resultados	113
5.4.	Capacitación del personal	114
5.4.1.	Capacitación operador.....	115
5.4.2.	Capacitación de mandos medios.....	115
5.4.3.	Inducción para la Alta Gerencia.....	119
5.4.4.	Inducción para los técnicos en informática	119
	CONCLUSIONES	121
	RECOMENDACIONES	123
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación	7
2.	Organigrama de Fosforera Centroamericana, S.A.....	9
3.	Canal de distribución.....	10
4.	Porcentaje de participación en el mercado de Fosforera Centroamericana, S.A.....	11
5.	Representación del proceso de producción en KL-2.....	16
6.	Representación del proceso de producción en C-148.....	18
7.	Representación del proceso de producción de carterita	20
8.	Pantalla inicial software de mantenimiento preventivo	71
9.	Campo de Equipos.....	72
10.	Campos para registro de equipos	73
11.	Listado de mantenimientos preventivos y correctivos	75
12.	Calendarios	76
13.	Asignación de recursos	77
14.	Planes y catálogo.....	78
15.	Consumos e insumos.....	81
16.	Órdenes de trabajo.....	83
17.	Módulo de gráficos de reporte.....	86
18.	Actividades realizadas.....	87
19.	Gráfico comparativo	88
20.	Orden de trabajo	95
21.	Porcentaje de fallas.....	101
22.	Relación actual de mantenimiento línea C-148.....	105

23.	Relación actual de mantenimiento línea KL-2.....	106
24.	Relación actual de mantenimiento línea de cartera	106
25.	Relación actual de mantenimiento línea de palitos	107

TABLAS

I.	Descripción de técnica 5 S	36
II.	Rutinas de inspección equipo de línea auxiliar	56
III.	Rutinas de inspección línea KL-2.....	58
IV.	Rutinas de inspección línea C-148	61
V.	Rutinas de inspección línea de palitos.....	63
VI.	Rutinas de inspección línea de cartera	66
VII.	Eficiencias históricas de producción	98
VIII.	Ritmos de producción	99
IX.	Eficiencias alcanzadas en los últimos meses	100
X.	Ritmos de producción actual.....	103
XI.	Ritmos de producción deseado	103
XII.	Ingreso real al día para producción de fósforos.....	104
XIII.	Ingreso ideal al día para producción de fósforos	104
XIV.	Planificación del programa de capacitación general.....	117

GLOSARIO

- Alquimista** Antigua ciencia surgida en el s. i d. C. en Egipto y practicada en Europa hasta el siglo XVI aproximadamente, que se basaba en la experimentación sobre las transformaciones de la materia y en la especulación filosófica, y se ejercía de manera oculta y secreta; fue la antecesora de la química moderna.
- Almidón** Es un polisacárido, más específicamente un homopolisacárido de reserva energética predominante en las plantas, constituido por la unión de grandes cantidades de monómeros de glucosa.
- Antimonio** Elemento químico con símbolo Sb y número atómico 51. El antimonio no es un elemento abundante en la naturaleza; raras veces se encuentra en forma natural, a menudo como una mezcla isomorfa con arsénico: la allemonita.
- Bitácora** Al libro en el que los marinos, en sus respectivas guardias, registraban los datos de lo acontecido.

Cerilla	Varilla de papel encerado, madera u otro material combustible, con un extremo recubierto de fósforo que se prende al rozarlo con una superficie áspera y que sirve para encender fuego.
Cerúlea	Es una denominación de color no específica: abarca un conjunto de colores que incluye el azul profundo, el celeste, el azul brillante y el azul con matices verdosos.
Clorato de potasio	Sal formada por el anión clorato y el catión potasio. En su forma pura forma cristales blancos. Es el clorato más común en la industria, y se encuentra en la mayoría de los laboratorios. Se emplea como oxidante.
Deshumidificador	Bomba de calor para proporcionar una zona fría donde condensar la humedad y una zona caliente para recuperar la temperatura ambiental. Su funcionamiento consiste en pasar una corriente de aire por el evaporador (zona fría), el cual está a una temperatura por debajo del punto de rocío, provocando que la humedad ambiental se condense y gotee a un depósito o un desagüe.
Fósforo amorfo	Es una de las formas alotrópicas del fósforo elemental. Se trata de una sustancia amorfa, de color rojizo, poco soluble en agua y disolventes orgánicos habituales. Contrariamente al fósforo

blanco, no es soluble en disulfuro de carbono y no es tóxico.

Necrosis

Muerte de las células y los tejidos de una zona determinada del organismo.

Partería

Atención dispensada a las mujeres durante el embarazo, el parto y el puerperio, así como la atención que recibe el recién nacido. Incluye medidas destinadas a prevenir problemas de salud en el embarazo, la detección de anomalías, la búsqueda de asistencia médica si es necesario, y la aplicación de medidas de emergencia en ausencia de ayuda médica.

Pedernal

Piedra muy dura, compuesta principalmente de sílice, de color gris amarillento, que al romperse forma unos bordes muy cortantes.

PSI

La libra-fuerza por pulgada cuadrada, más conocida como psi (del inglés pounds per squareinch) es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

Rasquero

Pasta cuya función es ejercer fricción para lograr el encendido del fosforo.

SIG (sistema de información gerencial) Sistemas que son el resultado de interacción colaborativa entre personas, tecnologías y procedimientos colectivamente llamados sistemas de información orientados a solucionar problemas empresariales.

Termocupla Transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje, que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro anoterno "punto frío" o unión fría o de referencia.

Termoencogible Material hecho a base de PVC y PET que son películas que tienen un alto nivel de encogimiento aplicando de forma adecuada flujos de calor que permiten que este material se adapte con facilidad en diferentes superficies.

RESUMEN

Los productos de consumo diario representan un amplio porcentaje de participación en el mercado, siendo la producción de estos una fuente de empleo que contribuye con el desarrollo económico del país, de lo anterior surge la importancia de contar con un sólido sistema que asegure la productividad de los bienes, y en este caso la producción de fósforos de madera y cartón ya que de la calidad en un fabricación depende la seguridad hacia el consumidor final.

El sistema de gestión genera, controla y evalúa los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, creando un historial que resulta de mucha utilidad para futuras consultas, con lo anterior se podrán verificar las frecuencias en la ejecución de trabajos, insumos requeridos y establecer al personal idóneo para la realización, todo con el fin de optimizar los recursos con los que se dispone.

La etapa previa a la implementación del sistema de gestión, se compone de estudios y análisis de las condiciones del equipo para determinar las rutinas de inspección y trabajos necesarios para garantizar el óptimo rendimiento del equipo, lo anterior alimentará de información al software y creará la base de datos para cada línea de producción, seguido de todo lo concerniente al programa de gestión, sus componentes y uso adecuado de los diversos módulos, para poder llevar a cabo la etapa de capacitación en el uso del sistema, culminando con la implementación, evaluación y seguimiento para tener la certeza del cumplimiento del proyecto.

OBJETIVOS

Generales

Implementar un software para la gestión del mantenimiento preventivo del equipo de las líneas de producción, optimizando los recursos para obtener mejores resultados de eficiencia y productividad en Fosforera Centroamericana, S.A.

Específicos

1. Determinar las vulnerabilidades del sistema actual encargado de administrar el mantenimiento preventivo.
2. Crear índices de rendimiento para la evaluación del desempeño y efectividad del nuevo sistema de gestión.
3. Establecer la frecuencia optima para la realización de las rutinas de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de producción y las especificaciones del fabricante.
4. Proponer el sistema de control de insumos requeridos para cada equipo de las líneas de producción de la empresa.
5. Identificar los aspectos de mejora continua para el sistema de gestión desarrollando los procedimientos adecuados para la evaluación del sistema propuesto.

6. Evaluar la efectividad y rendimiento del equipo una vez se halla implementado el sistema de gestión.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayor parte de empresas dedicadas a la producción de bienes destinados al uso común en Guatemala, sufren diversos problemas generado por la competencia de productos extranjeros que reducen la presencia en el mercado de los productos nacionales, lo cual ocasiona conflictos entre los miembros del equipo de trabajo, debido a que es necesaria la búsqueda de estrategias o herramientas que generen valor al proceso de producción.

De lo anterior surge la necesidad de ser más competitivo, logrando la eficiencia mediante la gestión adecuada de actividades, que contribuyan al incremento de la productividad y rendimiento del equipo para la producción, logrando así la generación de valor a la empresa, mediante la reducción de costos derivados de las labores de mantenimiento preventivo necesarias para el óptimo funcionamiento del equipo.

La gestión de mantenimiento preventivo contribuye a la generación de valor en las actividades productivas, siendo necesario poseer una base de datos actualizada de la información del departamento técnico logrando así, anticiparse a los posibles imprevistos del equipo durante el proceso de producción, reduciendo el número de paros de la maquinaria para ser mas eficientes determinando el tiempo adecuado para realizar preventivos, con lo anterior se busca un sistema para automatizar las labores de gestión siendo estas: la generación de ordenes de trabajo, control y seguimiento mediante gráficos, tablas e índices relacionados a la gestión del mantenimiento y administración de los recursos tecnológicos, humanos y financieros.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La industria fosforera en Guatemala inicia operaciones en 1882, época de inicio de operaciones industriales en el país. En esta sección se describirá a detalle los inicios y fundación de la empresa en su situación actual, la participación en el mercado, la estructura organizacional de la empresa así como el proceso de producción de fósforos, productos y materias primas utilizadas, acompañados de conceptos básicos de mantenimiento necesarios para la elaboración del presente trabajo de graduación.

1.1. Antecedentes generales de la industria fosforera

La industria en general ha tenido diversos cambios acompañados de avances tecnológicos y nuevos descubrimientos, estos han permitido grandes avances para el hombre quien aprovecha los recursos que posee para generar bienes que generen valor.

1.1.1. Descubrimiento de la cerilla

En 1669, el alquimista de Hamburgo, Hennig Brandt trataba de encontrar una sustancia a partir de otras sustancias que transformase los metales no nobles en plata. Lo que descubrió fue una sustancia blanca y cerúlea muy inflamable que brillaba en la oscuridad. “El Fósforo”, varios años más tarde, en 1680, diseñó un papel muy áspero revestido de fósforo que al frotarlo con una pequeña astilla de madera con la punta impregnada en azufre producía una llama, dando origen a la primera cerilla.

El problema fue que desapareció tan repentinamente como apareció, pues el único método que se conocía para la obtención de fósforo era procesando orina, demasiado largo y costoso, por lo que la cerilla no pasó de ser una curiosidad de lujo. Debido al poco éxito en los inicios de la cerilla las personas siguieron utilizando la vieja piedra de sílex (pedernal).

En 1826, John Walker, farmacéutico, trabajaba en un nuevo explosivo cuando al remover el compuesto, una mezcla de sulfuro de antimonio, clorato de potasio, goma y almidón, en el que trabajaba con un palo, parte del compuesto se secó en la punta y trató de eliminarlo frotando el palo contra el suelo. Obtuvo fuego. Walker fabricó varias cerillas de unos 7 centímetros de longitud para enseñárselas a sus amigos. Nunca patentó su invento. Gran error, pues en una de sus demostraciones en Londres, Samuel Jones, quedó impresionado con las cerillas de Walker y presintiendo su potencial decidió hacer negocio con ellas y creó las Cerillas Lucifer, el único inconveniente era que estas tenían mal olor.

Charles Sauria, químico francés, eliminó el problema del olor de las cerillas, pero no el de su "veneno". Obreros de las fábricas de cerillas presentaban necrosis en algunos huesos de sus cuerpos. Sobre todo los de la mandíbula. El fósforo raspado de una caja de cerillas era suficiente para matar a un hombre adulto.

La cerilla "no venenosa" no se creó hasta el 28 de enero de 1911 cuando la Diamond Match Company sustituyó el fósforo por sesquisulfuro de fósforo, inofensivo, y cedió la patente a las empresas rivales para que desaparecieran al fin las cerillas venenosas.

1.1.2. Evolución de la fabricación de fósforos

La fabricación de fósforos es una práctica que ha evolucionado significativamente con el tiempo, en cuanto a ciencia y tecnología de producción. El fósforo, como elemento químico, fue descubierto en el siglo XVI, por el químico Hennig Brand. No fue hasta el siglo XVIII, que el químico inglés John Walker creó los primeros cerillos encendidos por fricción. En la actualidad, el fósforo es uno de los más útiles recursos que el hombre ha industrializado debido a su utilidad, confiabilidad y conveniencia por su simple y efectiva función para proveer una fuente de llama.

En el entorno actual y debido a los altos índices de industrialización existentes, los suministros energéticos juegan un papel importante en la economía mundial, la leña se convierte en un combustible escaso para los países subdesarrollados. Un fósforo puede fabricarse a partir de un pequeño fragmento de madera sumergido y posteriormente secado, lo cual constituye un proceso conveniente para países subdesarrollados, pese a que los materiales químicos que se adquieren para la fabricación requieren de métodos químicos complejos.

El hombre con su desarrollo técnico ha sido capaz de realizar máquinas rápidas y confiables que le faciliten la fabricación de fósforos, especialmente en los países desarrollados.

1.2. Reseña histórica de Fosforera Centroamericana, S.A.

En 1945 nace en Guatemala una pequeña industria de fósforos ubicada en la Ruta 4 de la zona 4. Al inicio el proceso de producción era manual, debido a la carencia de conocimientos y procedimientos adecuados en la

elaboración de fósforos y la maquinaria necesaria para implementar la automatización del proceso. La empresa sigue avanzando a pesar de algunos conflictos con el fósforo sueco que empezó a ser importado hacia el país. Llegó a tener alrededor de 700 empleados, en su mayoría eran mujeres ya que todo el trabajo era de tipo manual y la habilidad de las mujeres era más útil; llenaban 15000 cajitas obteniendo un sueldo de 75 centavos por cada millar.

En 1959, se inicia un gran incendio, pues el edificio no era apto para producir fósforo debido a que existían áreas con edificaciones de madera. El saldo de este incidente fue varios empleados con quemaduras severas, quienes con mucho esfuerzo lograron apagar el fuego y rescatar la planta productora, posterior al incendio ocurrido, se inicia una cooperativa con un monto inicial de Q500 000. Dicha cooperativa trajo bienestar a las trabajadoras, sobre todo a quienes tenían bebés, ya que se creó una sala cuna y un seguro médico para todos.

En 1965 industria de fósforos de la zona 4 se fusiona con otra empresa fosforera de la zona 2, llamada La Antorcha. De esta unión nace la Fosforera Centroamericana ubicada en la avenida Petapa 37-01 zona 12.

El 11 de noviembre de 1967, se inauguran las instalaciones de Fosforera Centroamericana, dándole la oportunidad de trabajar a la mujer no profesional. Existe un premio por antigüedad que lleva el nombre de ingeniero Ignacio Fierro.

En 1997 se trae nueva maquinaria para la fabricación de fósforos de madera, se construye también un área de partería adecuada a las necesidades.

En 2004 llega otra máquina para la fabricación de fósforos de madera, el 25 de junio se inaugura la maquinaria para la fabricación de palito, al igual que una caldera pirotubular para la generación de vapor.

En agosto de 2012 se habilitan las instalaciones para el Departamento de Control de Calidad, lo cual constituye un avance en el proceso de mejora continua, clima en el cual se encuentra la empresa.

1.2.1. Descripción de la empresa

La empresa en la actualidad posee dos líneas de producción de fósforos de madera, una línea de producción de fósforos en presentación de carterita, una línea de producción de palito de madera la cual abastece a las dos líneas de fabricación de fósforos de madera antes mencionadas.

El espacio físico de la empresa se encuentra dividido de la siguiente forma:

- Área administrativa
- Área de producción

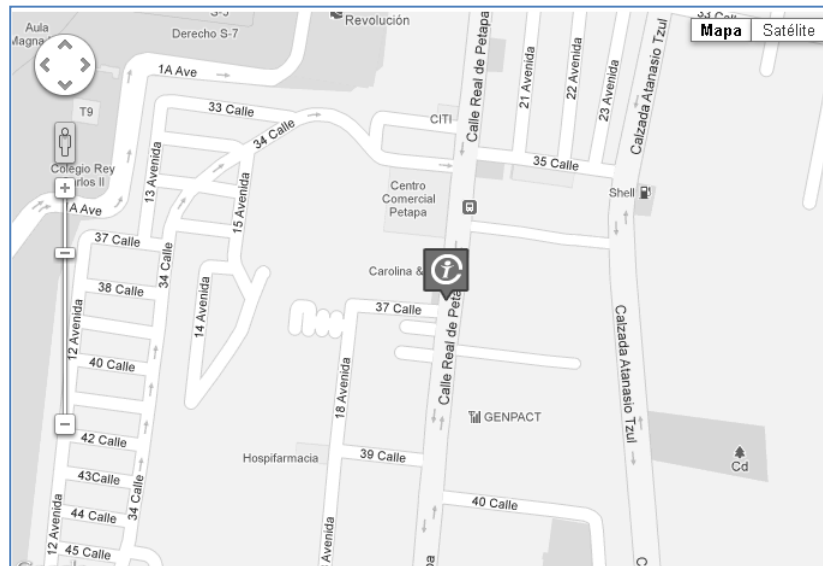
- Área administrativa: dentro de las instalaciones del área administrativa, la empresa cuenta con las siguientes dependencias:
 - Recepción
 - Oficina de Presidencia
 - Oficina de Recursos Humanos
 - Oficina de Logística y Abastecimiento
 - Oficina de Gerencia de Producción
 - Oficina de Gerencia de Área Comercial

- Oficina de Administración de Finanzas
 - Oficina de Gerencia de Sistemas
 - Oficina de Contador General
 - Oficina de Costos
 - Oficina de Encargados de Mantenimiento
 - Oficina de Supervisores de Producción
- Área de producción: en las instalaciones del área de producción se encuentran las siguientes secciones:
 - Bodega de materia prima
 - Bodega de producto terminado
 - Partería
 - Fabrica de palitos
 - Área de maquinaria auxiliar
 - Máquinas continuas C-148 y KL-2
 - Cartera
 - Bodega de repuestos
 - Taller

1.2.2. Ubicación

La dirección actual es: avenida Petapa, 37-01 zona 12 de la ciudad capital.

Figura 1. **Mapa de ubicación**



Fuente: Google Maps.

1.2.3. **Misión**

Misión general de la empresa: “Fabricar fósforos y distribuir productos misceláneos, alimentos y licores, de alta calidad, teniendo como pilar principal la excelencia en el servicio al cliente y distribuidores en toda Centroamérica.”

1.2.4. **Visión**

Visión general de la empresa: “Crear día a día en el negocio de distribución con operaciones en toda Centroamérica, teniendo como pilar, la búsqueda de la excelencia en atención a nuestros clientes. Siendo sus principales productos fósforos y productos misceláneos, alimentos y licores”.

1.2.5. Valores organizacionales

- Respeto: respetar las creencias y cultura de nuestros empleados.
- Ética: distribuir y fabricar productos de calidad basados en la ética hacia nuestros clientes.
- Confianza: generar confianza a través de ética y responsabilidad en actitudes; y cumplimiento de obligaciones.
- Honestidad: actuar con honestidad, por medio de valor para decir la verdad; respeto a los bienes ajenos; transparencia en la información y obrar con buenas intenciones.
- Responsabilidad: llevar a cabo las tareas con diligencia, seriedad y prudencia se traduce en responsabilidad de todo lo que se hace o deja de hacer así como de las consecuencias que sus acciones impliquen para la compañía y para sus colaboradores.
- Calidad: considerar su trabajo como un medio para desarrollar creatividad, soluciones y desarrollo; por medio de productos y servicios de calidad con características que satisfagan las necesidades del cliente.

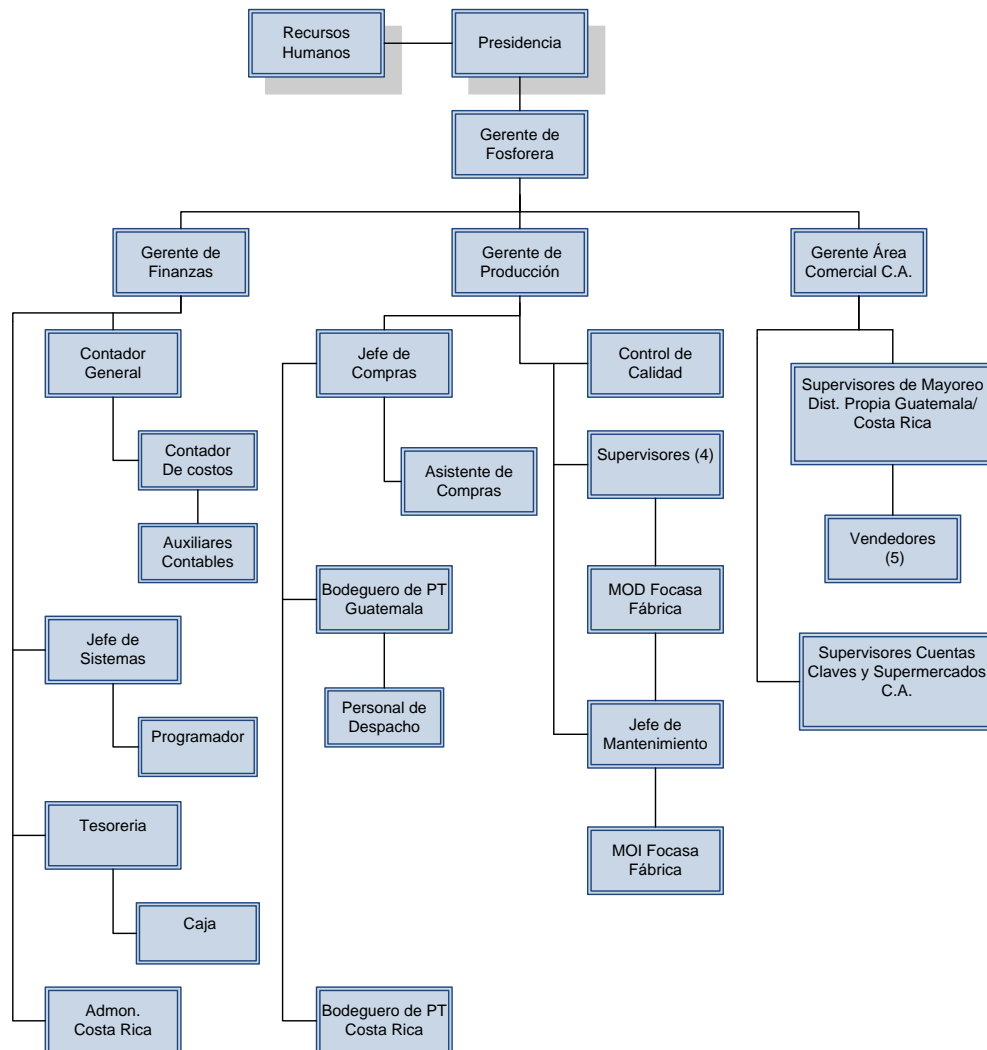
1.3. Estructura organizacional

Fosforera Centroamericana S.A. ha experimentado ciertos cambios en los pasados años, mismos que se reflejan en las funciones y obligaciones de los miembros de la organización, los puestos se presentan en el organigrama de la empresa.

1.3.1. Organigrama de la empresa

La empresa Fosforera Centroamericana S.A., cuenta con una estructura organizacional de tipo vertical, donde se detallan los niveles de mando así como los puestos dependientes e independientes, mostrado en la figura 3.

Figura 2. Organigrama de Fosforera Centroamericana, S.A.



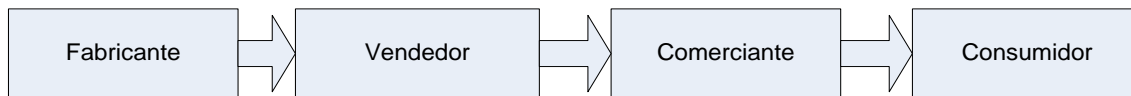
Fuente: Recursos Humanos, Fosforera Centroamericana, S.A.

1.3.2. Productos que comercializa la empresa

Fosforera Centroamericana S.A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de fósforos de madera y cartera, hacia diversos países de Centroamérica entre los cuales están: El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, además del mercado local guatemalteco. Las marcas que comercializa son: Águila, Caballo Rojo, Gato Negro y Papagayo, los cuales son productos para exportación, Fogata, Zuli, carteritas Gallo y Propasa que se distribuye a nivel local, de igual forma brinda servicios de publicidad impresa, para cualquier casa comercial que desee promocionarse dentro del mercado nacional.

La empresa comercializa su producto por medio de un canal de distribución que se describe de la siguiente manera: primero el fabricante, continúa con el vendedor, después por el comerciante (tiendas, abarroterías, casetas, puestos ambulantes, entre otros) para llegar por último al consumidor final del producto.

Figura 3. **Canal de distribución**

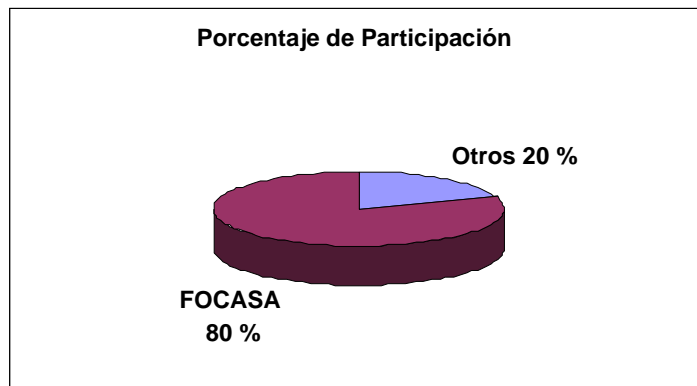


Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

1.3.3. Participación en el mercado de la industria fosforera

La participación en el mercado de Fosforera Centroamericana actualmente abarca el ochenta por ciento (80 %) a nivel centroamericano, el veinte por ciento (20 %) restante lo ocupan los otros productores en Centroamérica.

Figura 4. **Porcentaje de participación en el mercado de Fosforera Centroamericana, S.A.**



Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

1.4. Proceso de fabricación de fósforo de madera y cartera

Los productos que se fabrican en la planta poseen un proceso de manufactura similar, el cual se describe de forma resumida para las presentaciones de fósforos de madera y cartera.

1.4.1. Fósforos de madera

El proceso de fabricación comienza desde la recepción de materias primas para las diversas estaciones y áreas de trabajo dentro de la planta, en la elaboración de fósforos de madera intervienen tres líneas de producción: la

línea KL-2, línea C-148 y la línea de fabricación de palitos quien abastece a las dos anteriores de forma simultánea, utilizando distintos sistemas de alimentación de palitos para las dos máquinas continuas anteriormente mencionadas, donde posteriormente se lleva a cabo el proceso de producción de fosforo pasando por sus diversas estaciones de trabajo.

1.4.2. Fabricación de palitos

Para la fabricación de palitos el proceso comienza desde la recepción de trozas de madera las cuales son medidas y clasificadas, luego son dirigidas a la estación de cocimiento logrado con vapor proveniente de la caldera, para mejorar su ductilidad facilitando el corte del torno el cual forma la chapa, a continuación se dirige hacia la guillotina donde se corta la chapa, formando el palito bajo las especificaciones establecidas, luego es dirigido hacia un horno donde es secado en su totalidad y posteriormente se dirige a la máquina pulidora encargada de impregnar al palito de parafina, luego se dirige al clasificador donde las cajas de producto son llenadas y pesadas.

Cuando las cajas de palitos se encuentran debidamente pesadas, son dirigidas hacia los distintos sistemas de alimentación que poseen las líneas continuas KL-2 y C-148, iniciando el proceso de fabricación de fósforo de madera, el proceso de dichas líneas inicia en el área del equipo auxiliar, donde se proporcionan los elementos que posteriormente son transformados en las máquinas continuas.

En el área del equipo auxiliar se preparan los elementos que posteriormente serán transformados dentro del proceso de producción de las líneas continuas C-148 y KL-2.

1.4.3. Línea auxiliar

- Cortadora y pintadora de elementos (C-92)
La máquina C-92 sirve para pintar el rasquero en el cartón que será utilizado para formar los exteriores de las cajas de fósforos que produce la línea C-148, el rasquero sirve para encender la llama al ser frotados los fósforos contra este, es una pasta fabricada en el área de partería con fósforo amorfo.
- Cizalla (C-94)
Esta máquina sirve para cortar las tiras de cartón provenientes de la máquina C-92, en el tamaño establecido para formar los forros de las cajas de fósforos de las líneas KL-2 y C-148, de este equipo existen dos máquinas exactamente iguales con la única diferencia en cuanto a las medias de las tiras de cartón que cortan.
- Cortadora de cartón (C-97)
Esta máquina sirve para cortar las bobinas de cartón, provenientes de la bodega de materia prima, en pequeñas bobinas con las que se fabricarán las gavetas en la máquina C-90 y JUL de las líneas de producción C-148 y KL-2 respectivamente, debido al peso excesivo de las bobinas es necesario utilizar un polipasto como equipo auxiliar para cargar la máquina y poder realizar el trabajo de forma segura y eficiente.

1.4.4. Línea KL-2

Descrita la línea auxiliar, los elementos procedentes de esta son ingresados al proceso continuo de KL-2, los elementos provenientes de cizalla (C-94) y cortadora de cartón (C-97), son transformados en gavetas y forros,

este proceso es llevado a cabo con dos máquinas que forman parte de la continua, estas son: JUL y Bar-Machine respectivamente, estas dos máquinas son las principales para la transformación de la cajita de fósforos, la cual contiene los cerillos de madera.

Mientras se realiza el proceso de formado de gavetas y forros, la máquina continua se encarga de procesar el palito a su ingreso, pasando por las distintas estaciones necesarias para la fabricación de fósforo.

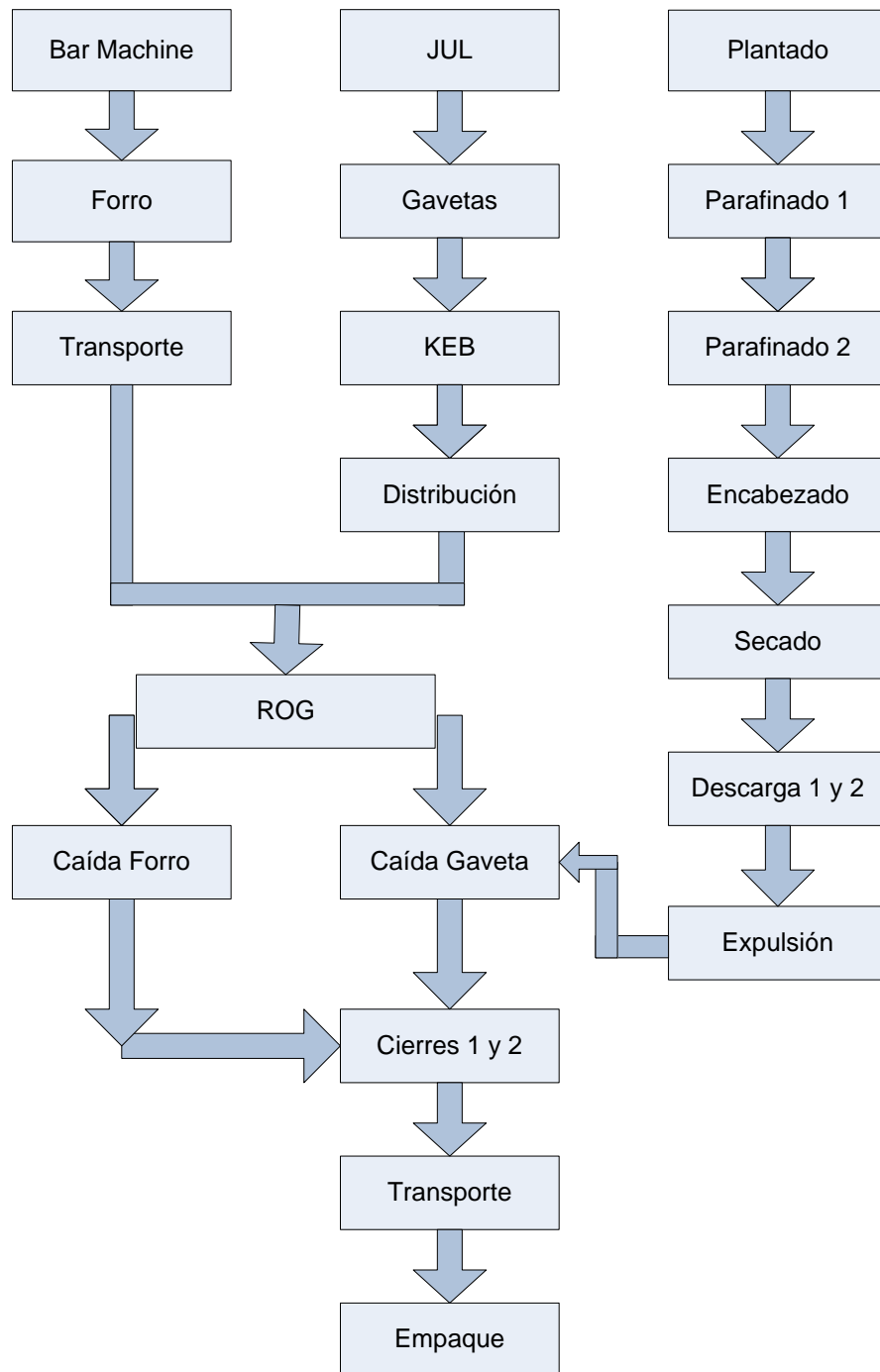
El proceso inicia cargando de palito la tolva de alimentación de la máquina continua, dirigiéndose hacia plantado donde el palito es ordenado de forma vertical y posicionados en la malla con ayuda de peines ordenadores y clasificadores, para ser conducidos a las diversas estaciones cuidadosamente controladas, iniciando en parafinado 1 donde una primera capa de parafina es impregnada, continuando hacia parafinado 2 donde la segunda capa de parafina garantiza su calidad, luego es conducido hacia el encabezado donde se adhiere la pasta a la cabeza del palito, continuando de forma lenta mientras se seca con ayuda de la aplicación de aire caliente, posteriormente se unen con las gavetas y forros lo que constituye la descarga y cierre de ROG.

Cuando la cajita de fósforos es formada, se dirige mediante un sistema de transporte automatizado hacia el empaque, pasando por fibras ópticas que detectan posibles cajitas vacías o en mal estado, una vez pasa por estos sensores, la máquina se encarga de formar grupos de cajitas de diez y estas son empacadas con polipropileno y selladas por calor con resistencias eléctricas.

La presentación final del producto depende del tipo de pedido que se esté manufacturando, si el producto es para exportación o para distribución a nivel nacional.

Para cualquier tipo de presentación se tiene la misma cantidad en millares de producto, el empaque y sellado se realiza de forma manual, al igual que en las estaciones anteriores en esta etapa del proceso se tiene el cuidado de revisar nuevamente el producto ya que es la parte final y posterior a ello se trasladará a la bodega de producto terminado, donde posteriormente será distribuido.

Figura 5. Representación del proceso de producción en KL-2



Fuente: elaboración propia.

1.4.5. Línea C-148

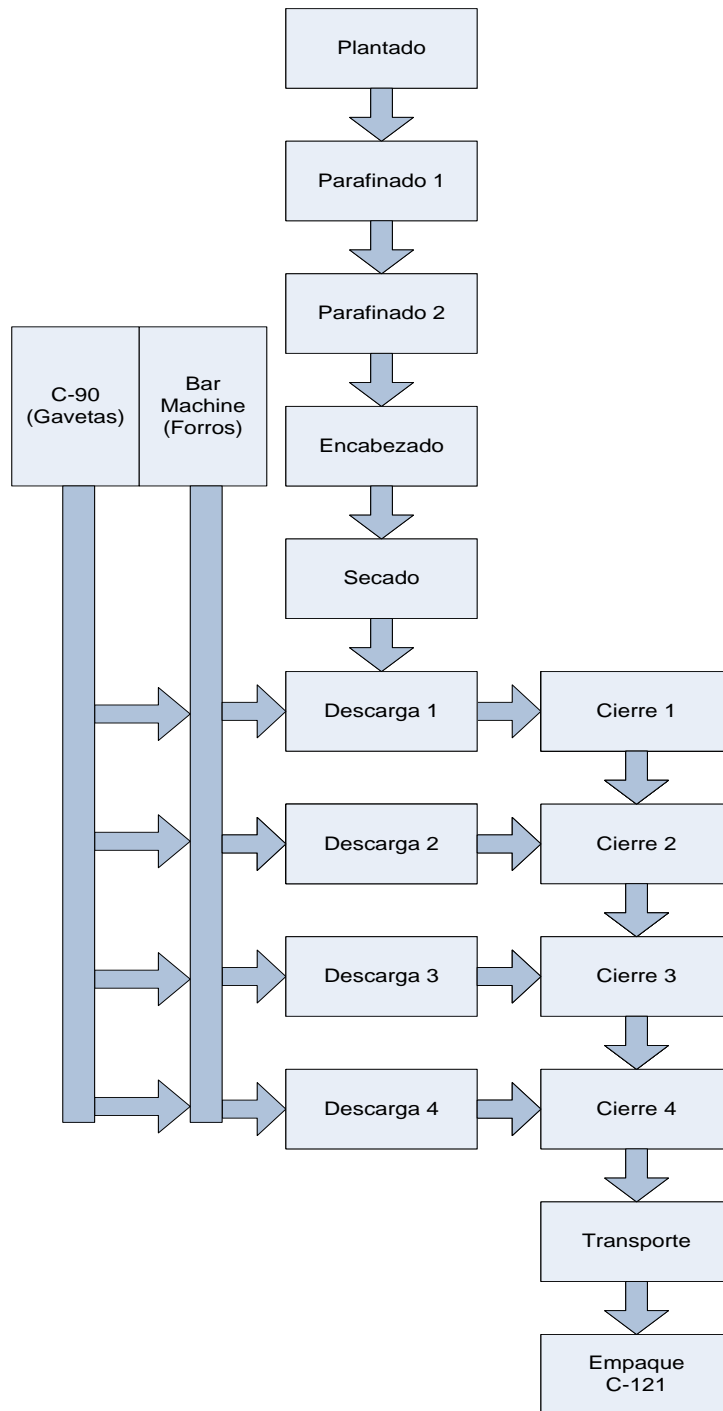
De forma similar a la línea KL-2, los elementos que provienen de la línea auxiliar son ingresados a las estaciones de trabajo de la máquina continua, donde son transformados en gavetas y forros, proceso llevado a cabo en las máquinas C-90 y Bar Machine respectivamente, siendo transportados mediante aire a presión hacia las descargas y cierres.

Paralelo al proceso de formación de gavetas y forros, el palito es ingresado a la tolva de alimentación en C-148, la transformación del palito en fósforo es similar al procedimiento detallado en KL-2, posteriormente al plantado este es conducido hacia parafinado 1, parafinado 2, siguiendo su recorrido hacia el encabezado y secado, para dirigirse hacia las descargas, posteriormente hacia los cierres y finalmente son conducidas las cajitas hacia el empaque.

En la estación de empaque generalmente se trabajan dos presentaciones: caballo rojo y águila, de estas para la segunda marca se deben de realizar ciertas modificaciones a la máquina de empaque (C-121), específicamente en el uso del polipropileno que utiliza código de barras debido a que esta línea procesa producto únicamente para exportación.

El empaque C-121 agrupa cajitas de 10 unidades con polipropileno, posteriormente 5 de estos paquetes son empacados con material termoencogible dentro de un horno, posteriormente son almacenados en bolsas de papel, el proceso anterior se resume en la figura 4.

Figura 6. Representación del proceso de producción en C-148



Fuente: elaboración propia.

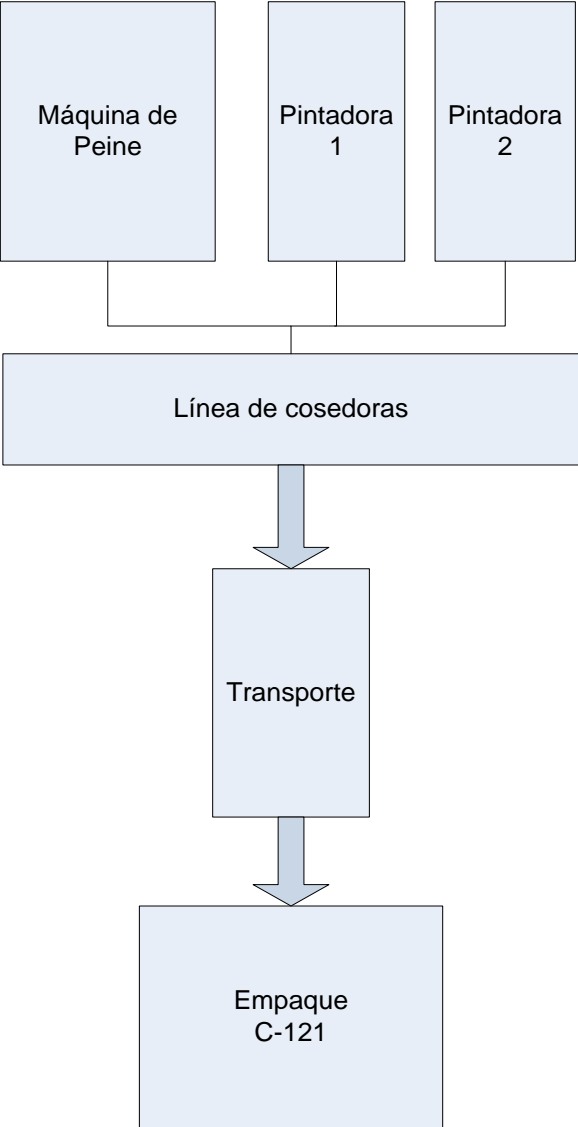
1.4.6. Fósforos de cartera

En la producción de carteritas intervienen varias estaciones de trabajo, iniciando el proceso en la máquina de peine donde son ingresadas bobinas de cartón y son cortadas según las especificaciones establecidas en tamaño y forma, para dirigirse posteriormente hacia el parafinado donde se impregna de éste y cierta altura, luego se dirige a encabezado donde se adhiere la pasta de ignición, tanto el corte de cartón como el parafinado y encabezado son controlados por un operario, posteriormente se dirige el peine a un cuarto de secado donde es aplicado aire caliente, el proceso de secado tarda aproximadamente 30 minutos, finalizado el secado el peine es descargado y colocado en cajones para transportarlo al área de las máquinas cosedoras.

Las máquinas cosedoras son operadas por dos mujeres debido a la habilidad manual que se requiere, estas utilizan cartón y peine para operar, el cartón proviene de las máquinas pintadoras 1 y 2 operadas por una persona respectivamente, quienes cargan las máquinas con la cartulina para ser pintadas con rasquero proveniente del área de partería, posteriormente la cartulina es cortada, hendida y ordenada en carretas, el proceso de pintado tarda aproximadamente 5,4 minutos.

Cuando la máquina cosedora se encuentra cargada de forma con peine y cartulina se encarga de cortar los elementos para formar las carteritas, las cuales al momento de su descarga son ordenadas y contenidas en bandejas de cartón, estas contienen exactamente 50 carteritas, finalmente son conducidas al área de empaque donde son empaquetadas y protegidas con polipropileno y selladas utilizando resistencias eléctricas a temperatura controlada, por último son almacenadas en cajas de cartón y apiladas para su traslado a producto terminado.

Figura 7. Representación del proceso de producción de carterita



Fuente: elaboración propia.

1.5. Mantenimiento

Para toda empresa contar con equipo que funcione en óptimas condiciones implica un reto y una oportunidad de generar valor a lo que se produce, haciendo más eficiente el proceso productivo al aprovechar todos los recursos de la mejor forma, lo anterior solamente se logra con una gestión y un sistema idóneos para el mantenimiento.

1.5.1. Mantenimiento general

Este abarca todo el trabajo de mantenimiento rutinario que se aplica a las instalaciones, edificios, estructuras o equipo de producción, produce un bien real que se sintetiza como la capacidad de producir bienes con calidad, rentabilidad y seguridad.

El Departamento de Mantenimiento como estructura de apoyo, es un centro de costos a efectos de los intereses de la empresa. Ciertamente, como un costo solo se justifica si “perfecciona” el negocio a través de la mejora de las condiciones de productividad, mediante la capacidad continua de adaptación, desarrollo y conservación (independiente de sus funciones particulares). Para ello, se debe enfocar adecuadamente la visión y la misión mediante la definición clara de políticas, objetivos, valores, entre otros.

La labor del Departamento de Mantenimiento, además está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones la maquinaria, herramienta y equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

1.5.2. Mantenimiento preventivo

Consiste en revisar de forma periódica los equipos y reemplazar ciertos componentes en función de estimaciones estadísticas, muchas veces proporcionadas por el fabricante. Con este mantenimiento se reduce el coste del mantenimiento no planeado y los fallos imprevistos, de forma que se incrementa la confiabilidad en los equipos pero su principal inconveniente es que presenta unos costes muy elevados ya que genera gastos excesivos y muchas veces innecesarios.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, entre otros. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran, los métodos habituales de labores correctivas en la mayoría de ocasiones deben realizarse con base en especificaciones dadas por el fabricante, legislación vigente, experiencias de expertos, entre otros.

Se sabe que los programas de mantenimiento preventivo proponen realizar, de manera sistemática, acciones de restauración o reemplazo periódico. Sin desconocer las ventajas asociadas a dichas tareas preventivas, que por cierto son muchas, en algunas ocasiones un mantenimiento preventivo deliberado hace perder efectividad pues no es sencillo determinar con exactitud en todos los casos, la vida útil de los elementos cuando actúan en su contexto particular de funcionamiento. Además, la dispersión de los fallos suele ser alta y las bases de datos generalmente incompletas.

1.5.2.1. Mantenimiento condicional

Como apoyo al mantenimiento preventivo se sugiere la implementación del mantenimiento condicional, el cual consiste en el monitoreo del estado de funcionamiento de las partes del equipo (o alguna de sus variables de proceso) para aprovechar al máximo su vida de funcionamiento normal y aceptada, antes de intervenirlo o retirarlo de servicio.

1.5.3. Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y el no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

1.5.4. Tendencias actuales de mantenimiento

La gestión del mantenimiento ha evolucionado mucho a lo largo del tiempo. El mantenimiento industrial, día a día, está rompiendo con las barreras del pasado. Actualmente, muchas empresas aplican la frase: “el mantenimiento es inversión, no gasto”.

El primer mantenimiento llevado a cabo por las empresas fue el llamado mantenimiento correctivo, también llamado mantenimiento de emergencia. Esta clase de mantenimiento consiste en solucionar los problemas de los equipos cuando fallan, reparando o sustituyendo las piezas o equipos estropeados. Estas técnicas quedaron obsoletas, debido a que si bien el programa de mantenimiento está centrado en solucionar el fallo cuando se produce, va a implicar altos costes por descenso de la productividad y mermas en la calidad.

De esta situación surge el mantenimiento preventivo, que consiste en revisar de forma periódica los equipos y reemplazar ciertos componentes en función de estimaciones estadísticas, muchas veces proporcionadas por el fabricante. Con este mantenimiento se reduce el coste del mantenimiento no planeado y los fallos imprevistos, de forma que se incrementa la confiabilidad

en los equipos pero su principal inconveniente es que presenta unos costes muy elevados, ya que genera gastos excesivos y muchas veces innecesarios.

1.5.4.1. Mantenimiento predictivo

En la década de los noventa se observa una nueva tendencia en la industria, el llamado mantenimiento predictivo o mantenimiento basado en la condición de los equipos. Se basa en realizar mediciones periódicas de algunas variables físicas relevantes de cada equipo mediante los sensores adecuados, con los datos obtenidos, se puede evaluar el estado de confiabilidad del equipo. Su objetivo es ofrecer información suficiente, precisa y oportuna para la toma de decisiones. Predecir significa “ver con anticipación”.

Con el conocimiento de la condición de cada equipo se puede hacer “el mantenimiento adecuado en el momento adecuado” anticipándose a los problemas. Por eso se dice que es un mantenimiento informado. El mantenimiento predictivo permite detectar los fallos antes de que sucedan, para dar tiempo a corregirlos sin perjuicio a la producción. Además, es una técnica que puede ser llevada a cabo durante el funcionamiento normal del equipo y permite planificar de forma óptima las acciones de mantenimiento.

1.6. Sistemas de información gerencial

Estos sistemas son el resultado de interacción colaborativa entre personas, tecnologías y procedimientos colectivamente llamados sistemas de información orientados a solucionar problemas empresariales. Los SIGse diferencian de los sistemas de información comunes en que para analizar la información, utilizan otros sistemas que se usan en las actividades operacionales de la organización. Académicamente, el término es comúnmente

utilizado para referirse al conjunto de los métodos de gestión de la información vinculada a la automatización o apoyo humano de la toma de decisiones.

Los sistemas de información gerencial son una colección de sistemas de información que interactúan entre sí y que proporcionan información tanto para las necesidades de las operaciones como de la administración. Un sistema integrado usuario-máquina, el cual implica que algunas tareas son mejor realizadas por el hombre, mientras que otras son muy bien hechas por la máquina, para prever información que apoye las operaciones, la administración y las funciones de toma de decisiones en una empresa. El sistema utiliza equipos de computación y software especializado, procedimientos, manuales, modelos para el análisis, la planificación, el control y la toma de decisiones, además de bases de datos.

1.6.1. Planificación y control

Todas las funciones gerenciales: planificación, organización, dirección y control son necesarias para un buen desempeño organizacional. Los sistemas de información gerencial son necesarios para apoyar estas funciones, en especial la planificación y el control. El valor de la información proporcionada por el sistema, debe cumplir con los siguientes cuatro supuestos básicos:

- **Calidad:** para los gerentes es imprescindible que los hechos comunicados sean un fiel reflejo de la realidad planteada.
- **Oportunidad:** para lograr un control eficaz, las medidas correctivas en caso de ser necesarias, deben aplicarse a tiempo, antes de que se presente una gran desviación respecto de los objetivos planificados con anterioridad.

- Cantidad: es probable que los gerentes casi nunca tomen decisiones acertadas y oportunas si no disponen de información suficiente, pero tampoco deben verse desbordados por información irrelevante e inútil, pues esta puede llevar a una inacción o decisiones desafortunadas.
- Relevancia: la información que le es proporcionada a un gerente debe estar relacionada con sus tareas y responsabilidades.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Se describirán las condiciones en las cuales se administran las labores de mantenimiento, identificando los factores que perjudican directamente la productividad, abarcando aspectos técnicos de funcionamiento del equipo para las distintas estaciones de trabajo de las líneas de producción con las que cuenta la empresa, identificando el estado que posee la maquinaria y los tipos de fallas más frecuentes que estas presentan.

2.1. Diagnóstico general del sistema de mantenimiento

El Departamento Técnico es el encargado de ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo dentro de la empresa. Actualmente las labores de mantenimiento son controladas por dos personas, quienes están a cargo del personal mecánico dentro de la empresa, dado que esta cuenta con cuatro líneas de producción, las líneas de fabricación de carterita y fósforos de madera en C-148 están a cargo de una persona y las dos restantes, palitos y fósforos de madera en KL-2 a cargo de otra persona.

Entre las funciones de los encargados del Departamento Técnico se encuentra la administración del personal mecánico en las tareas de mantenimiento en su mayoría correctivos o cambio de piezas, debido a la carencia de un programa que gestione de forma adecuada dichas labores.

La carencia de rutinas de inspección y mantenimiento generan en el equipo diversidad de fallas, las cuales en su mayoría ocasionan pérdidas de tiempo efectivo de trabajo, debido a que no se cuenta con un sistema que

gestione correctamente al personal, rutinas e insumos necesarios en cuanto a mantenimiento preventivo, el departamento presenta en numerosas ocasiones sobrecarga de trabajo a causa de una deficiente gestión de las actividades.

Los insumos necesarios para realizar los mantenimientos o cambios de piezas son administrados en bodega de repuestos, donde se lleva un control con base en apuntes realizados en un cuaderno por parte del personal mecánico, posteriormente se registran en un programa ajeno al de gestión de mantenimiento.

2.1.1. Control de rutinas

Las actividades de mantenimiento y rutinas de inspección, no se encuentran organizadas, el personal encargado de la asignación de dichas rutinas lleva el control de la realización de estas desde un programa en Excel, el cual carece de la confiabilidad necesaria para esta labor, debido a que no es posible registrar el número de fallas presentadas a fin de establecer un historial de estas, para futuras proyecciones al poseer un registro que contribuya al Departamento de Mantenimiento en la anticipación de fallas.

La falta de un historial de fallas se refleja en la reincidencia de problemas ocurridos durante la producción, lo que genera retrasos y paradas continuas del equipo, reduciendo su vida útil. Otro problema muy común derivado de la falta de gestión de las tareas, es el costo que se genera cuando una orden de mantenimiento es asignada más de una vez durante el mismo periodo de tiempo, afectando tanto recursos económicos debido a los insumos necesarios como el recurso humano, a causa de la falta de coordinación entre las áreas involucradas.

2.1.2. Ambiente general

Las instalaciones se encuentran generalmente en buen estado, propicias para ejecutar las labores de mantenimiento que se asignan al personal técnico, la empresa cuenta con un área destinada al taller en el cual se realizan las reparaciones necesarias a piezas mecánicas que han sufrido ciertos desperfectos, así como modificaciones cuando es necesario, dadas las diversas fallas que se presentan durante la producción y la necesidad de acciones rápidas que den solución a estas.

2.1.3. Insumos y repuestos

El Departamento Técnico cuenta con una bodega de repuestos, los cuales son administrados por una persona quien se encarga de proporcionar los repuestos e insumos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento. Esta área posee un historial donde se detalla la fecha y la persona que solicita determinado repuesto o insumo, posteriormente se ingresan los cambios en un programa destinado exclusivamente a dicha acción. La acción anterior permite identificar cuando es necesario adquirir nuevos insumos o repuestos, las solicitudes son previamente autorizadas por el encargado del Departamento Técnico y dirigidas posteriormente al Departamento de Compras donde se encargan de la gestión pertinente.

El área destinada a bodega también cuenta con herramientas de uso especial, las cuales son necesarias únicamente en determinadas situaciones debido a la poca frecuencia de uso que estas poseen, dichas herramientas son solicitadas en su momento por el personal técnico previa autorización de la persona encargada de bodega, quien posee controles escritos de las herramientas que se han prestado e inspecciona el estado en el que estas se

encuentran e informa cuando es necesario adquirir nuevas herramientas a los encargados del Departamento Técnico quienes dependiendo de la línea de producción que realice la solicitud, realizan las inspecciones necesarias para verificar la necesidad del cambio o adquisición de herramientas.

2.1.4. Personal de mantenimiento

Los encargados de realizar las labores de mantenimiento, reparaciones y cambio de piezas en el equipo, son personas capacitadas que poseen amplia experiencia y conocimiento del equipo de producción debido a los años que tienen de trabajar para la empresa, se encuentran familiarizados con la maquinaria y las posibles fallas que estas presentan.

El personal técnico se encuentra distribuido para cubrir las distintas líneas de producción que posee la empresa. Los encargados de mantenimiento distribuyen al personal para cada turno, debido a que en la planta se trabajan turnos de 24 horas, lo cual hace necesario contar con personal mecánico para cubrir dichos turnos, dadas ciertas eventualidades durante la producción, así como la atención y reparación de fallas cuando estas ocurran, el área de partería principalmente posee componentes eléctricos por lo cual se encarga el personal de dicha especialidad, al igual que lo hacen con el equipo eléctrico de las diversas estaciones de trabajo.

En el área de taller el personal encargado de cubrir dicha estación, tienen como función principal auxiliar al personal técnico en cuanto a reparaciones del equipo con forme las fallas se presenten, los trabajos que se realizan son en torno, fresadora, taladro, afiladoras, entre otros.

2.1.5. Equipo para el mantenimiento

En el área de bodega se encuentran las herramientas que utiliza el personal técnico para realizar los mantenimientos preventivos o correctivos, la condición general del equipo es buena, la empresa posee gran variedad de herramientas destinadas para el uso del personal técnico cuando este lo requiera.

2.1.6. Funciones del personal operativo

La limpieza y actividades sencillas de lubricación son asignadas al personal operativo, quienes de acuerdo a la programación ejecutan las labores mencionadas, estos poseen cierta experiencia en el funcionamiento de la maquinaria, puesto que ellos operan el equipo a diario en sus labores de producción, la realización de las rutinas de mantenimiento son realizadas bajo la supervisión del personal técnico encargado de cubrir las diversas áreas.

2.2. Organización del Departamento Técnico

Fosforera Centroamericana, S.A. en los últimos años ha experimentado ciertos cambios en su organización, dentro de estos principalmente está la asignación de dos personas encargadas del personal técnico para el mantenimiento, quienes tienen varias funciones como departamento, principalmente optimizar el tiempo de operación disponible de los equipos, para lograr condiciones adecuadas y normales de operación, aprovechando los recursos existentes tanto en insumos como en personal.

2.2.1. Funciones del Departamento Técnico

El Departamento Técnico tiene a su cargo la realización de diversas funciones para garantizar la optimización de la disponibilidad del equipo, principalmente son las siguientes:

- Asistir al personal operativo, cuando ocurre una falla imprevista durante el proceso productivo para evitar la interrupción continua de las labores de manufactura.
- Realizar las reparaciones o cambio de componentes mecánicos del equipo cuando este lo requiera.
- Mantener la maquinaria en óptimas condiciones para evitar paros y pérdida de tiempo efectivo de trabajo.
- Programar los mantenimientos al equipo en fechas donde no se interrumpan las programaciones de producción.
- Llevar a cabo los proyectos planificados para mejorar el equipo las estaciones de trabajo, durante el tiempo estipulado en la planificación.
- Contribuir en la gestión para la adquisición de equipo, insumos y repuestos dadas las diversas situaciones.

2.2.2. Aspectos importantes para el Departamento Técnico

Seguridad industrial: con el fin de reducir los accidentes, la seguridad industrial es un aspecto de suma importancia, el uso de calzado y vestuario

adecuado, así como protectores es una norma que se inspecciona cuidadosamente, en numerosas ocasiones es necesario utilizar equipo especial de seguridad como: arnés o mascarillas, dependiendo del tipo de trabajo.

Limpieza: es un aspecto importante ya que esto contribuye a hacer de las estaciones de trabajo lugares más seguros y ordenados, lo anterior facilita el mantenimiento del equipo.

5S: esta técnica de gestión busca crear un mantenimiento integral dentro de la empresa, tanto de la maquinaria, equipo e infraestructura, así como del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. Es una técnica de suma importancia debido a su sencillez y efectividad, logrando beneficios para el Departamento Técnico y el beneficio esperado por parte de la empresa, debido a que su aplicación mejora los niveles de calidad, elimina los tiempos muertos y reduce los costos, logrando incrementar la productividad y un mejor entorno laboral.

Para comprender de mejor forma la técnica 5S, se describirá brevemente cada una de estas en un cuadro resumen.

Tabla I. **Descripción de técnica 5 S**

Denominación		Concepto
Español	Japonés	
Clasificación	<i>Seiri</i>	Separar innecesarios
Orden	<i>Seiton</i>	Situar necesarios
Limpieza	<i>Seisó</i>	Suprimir suciedad
Normalización	<i>Seiketsu</i>	Señalizar anomalías
Mantener la disciplina	<i>Shitsuke</i>	Seguir mejorando

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/5S>. Consulta: 10 de Noviembre de 2012.

TPM: el mantenimiento productivo total es una filosofía enfocada a la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial, con la implementación del TPM busca el incremento en la capacidad de producción mejorando la eficiencia con la optimización de los recursos y la implementación de nuevos sistemas de gestión para los equipos y medios de producción.

2.3. Condición actual de los equipos

La maquinaria con la que cuenta actualmente la empresa se encuentra en condiciones aceptables y favorables para la producción, esto es fácilmente apreciable debido a las altas eficiencias que puede llegar a alcanzar en condiciones normales de funcionamiento.

Debido al tipo de función que los equipos desempeñan la mayoría de estos se encuentran sucios y por ende la pintura está deteriorada, la maquinaria también tiene restos de grasa, aceite y polvo, los cuales en su momento no han

sido eliminados debido a la prioridad en el tiempo para la realización del mantenimiento preventivo, descuidando los aspectos básicos de limpieza y organización.

Existe equipo donde la suciedad dificulta establecer su condición exacta, tal es el caso del equipo neumático e hidráulico, ya que algunos conductos poseen fugas poco apreciables debido al poco cuidado con los aspectos de limpieza, lo cual tiene como consecuencia la presencia de fallas y el deterioro paulatino del equipo.

Las estaciones de trabajo en su mayoría se encuentran distribuidas correctamente, el espacio dentro de la planta es aprovechado de forma adecuada, el único inconveniente es en el momento de abastecer ciertas estaciones de trabajo con materia prima, ya que esta se satura de materiales, incluso de algunos que no son propios del área, así como de materiales procesados, dificultando de esta forma tanto las labores del personal operativo, como las del personal técnico.

2.4. Función principal de los equipos

Se encargan de transformar la materia prima que en conjunto forman el producto terminado, en ciertas estaciones de trabajo se genera un proceso independiente de otras estaciones de trabajo, que posteriormente se unifica para y en conjunto generan el producto final, en ciertos puntos del proceso el control que se debe tener es crítico ya que de esto depende la calidad del producto.

2.4.1. Equipo de línea auxiliar

- Cortadora y pintadora de elementos (C-92)

Esta máquina funciona por medio de un motor principal que utiliza el sistema de sincronización para transmitir movimiento a la mesa de entrada de material, al sistema de secado y a la mesa de salida. De la tarima se toman pliegos de cartón uno a uno, a través del cabezal de succión para trasladarlos al vaso pintador, donde están alojados los discos que aplican el rasquero en el área establecida. El rasquero está en forma de pasta húmeda que debe ser secada dentro del túnel secador donde se aplica aire caliente proveniente de un intercambiador de calor, a través de dos resistencias eléctricas y ventiladores que obligan al aire a pasar a través de ellas.

Los cartones llegan secos al sistema de corte y hendido donde, como su nombre lo indica, se corta el pliego en 6 tiras y deja el hendido donde se doblará posteriormente el exterior de la caja de fósforo. Las tiras son llevadas a la pila de salida donde son apiladas para su traslado hacia la máquina cizalla (C-94).

- Cizalla (C-94)

Al cargar el material en la bandeja de entrada empieza a funcionar el sistema de avance y succión, el cual consiste en un sistema de vacío que succiona aire de la bandeja de entrada; quedando así la tira de cartón succionada. Es aquí donde se realiza el avance de las tiras hacia el sistema de corte, las lanzaderas unidas a los patines empujan una sola tira a la vez; este sistema de avance es accionado por el motor principal.

Luego pasan las tiras por un mecanismo limitador de cartón, el cual limita el espacio para que pase solamente una tira de cartón a la vez. Pasan las tiras al sistema de corte donde un rodillo portador de cuchillas y contra cuchillas realiza el corte de las tiras en piezas individuales rectangulares. Caen las piezas de cartón en una bandeja.

- Cortadora de cartón (C-97)

Esta máquina es controlada por un operador, quien con ayuda del polipasto carga la bobina de cartón en el eje portador de bobina madre, luego se centra dicha bobina con el mecanismo de centrado.

Posteriormente embriaga el cartón en los rodillos del sistema guía 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, lo anterior se realiza manualmente. Posteriormente se pone a funcionar la máquina y los rodillos empiezan a girar pasando el cartón por las 12 cuchillas, cortando el cartón en 10 bobinas pequeñas, las cuales son embobinadas en el eje de embobinado.

Debido al peso que posee la bobina es necesario realizar el procedimiento anterior en dos partes, posterior al corte de la primera mitad de la bobina se proceden a desmontar las primeras diez bobinas del eje utilizando el polipasto, posteriormente se almacenan en un cuarto de secado a espera de ser trasladadas a la máquina C-90 en la línea C-148, o JUL en la línea KL-2, después del procedimiento anterior se vuelve a instalar el eje de embobinado en la máquina y el procedimiento de corte se repite para el segundo grupo de bobinas.

2.4.2. Equipo de línea C-148

- **Máquina C-90**

Las bobinas de cartón provienen de la máquina cortadora de cartón (C97),son colocadas en el sistema guía de cartón de la C-90, pasando por dos rodillos que detectan la existencia de cartón doble. Luego pasa el cartón al sistema de troquel donde se realizan los cortes correspondientes para formar cada lado de las gavetas.

Continúa el funcionamiento en el sistema de hendido, donde al pasar el cartón en medio de dos rodillos, este es marcado y hendido por ellos lográndose así formar los lados de la gaveta, que serán doblados y posteriormente en el sistema de moldes es pegado por medio de la aplicación de pegamento ubicado en el sistema de colero.

Cada gaveta sale por medio de un transporte neumático que las lleva hacia el área de descargas de la máquina c-148 continua. Toda la máquina es manejada por medio de un tablero principal, el cual tiene una botonera para encender y apagar el motor principal (único de la máquina) y dar impulsos a la máquina para limpieza de esta.

- **Bar Machine**

Entra las piezas de cartón, cortadas en la cizalla, en el alimentador de pliego donde son enviadas una por una hacia el sistema de bloque (matriz de rodillos), se envían por medio de discos y una cadena de transporte. Junto a este sistema está el sistema pegante en el que un disco con movimiento giratorio aplica el pegamento en las orillas del cartón. Luego pasan los forros por unos rodillos que aplican presión para que sean terminados de pegar y formar adecuadamente.

Finaliza el proceso en el recorrido de los forros la matriz de rodillos y pasan al sistema de transporte, por medio de una faja que es accionada por un motor eléctrico y unos rodillos colocados en medio y en los extremos de dicha faja. Al terminar de pasar por la faja transportadora pasan a un sistema de transporte neumático que los lleva hacia la máquina continua C148.

- **Plantado**

El sistema de plantado funciona con base en motores independientes los cuales tienen funciones en el transporte neumático, zaranda y vibrador. La transmisión del motor principal de la máquina es la que acciona el magazine, sistema de inserción, freno y martillo. Además, cuenta con sensores que envían señales al sistema automático que coordina el arranque y paro de todo el sistema, envío y paro de palitos desde el alimentador y estado del embrague.

Para detener y accionar este sistema se puede hacer uso del embrague, además se puede arrancar o detener la máquina mediante los botones de paro de emergencia ubicados en este sistema.

- **Parafinado**

La cuba derrite la parafina por medio de 2 resistencias eléctricas a las cuales se les aplica energía eléctrica (220 VAC). Primero se ha de verificar que la cuba no tenga residuos sólidos de parafina, de haberlos se espera el tiempo necesario para que la cuba los vuelva líquido nuevamente. Los bloques de parafina se introducen uno por uno en la cuba para ser derretidos. Si la cuba deja de transferir calor a la parafina esta se solidifica nuevamente.

Un sistema electro-neumático es el encargado de la transferencia de la parafina de la cuba hacia el depósito. Un pistón abre la llave de servido para alimentar al depósito de parafina, el pistón abre o cierra la llave debido a un sensor de flote ubicado en la parte más alta del depósito, el cual mide el nivel de parafina en el depósito. Una termocupla se encarga de detectar los cambios de temperatura de la parafina, posteriormente el tablero de control realiza las modificaciones pertinentes.

- Encabezado

El encabezado funciona por medio de un sistema hidráulico el cual le proporciona la fuerza de trabajo. En la posición de arranque, el perol vierte la pasta sobre el carretón, el cual forma una película sobre la mesa. Al deslizarse la mesa hacia dentro posicionándose debajo de la malla la cual se mantiene inmóvil en ese momento, el sistema hidráulico la levanta impregnando de pasta a los palitos. En el mismo instante una base móvil hace contrapresión por encima de la malla para una mejor aplicación.

- Secado

El secado de fósforos para la máquina continua C-148 funciona de dos maneras. La primera etapa es mediante aire del ambiente el cual lo reciben luego de salir del sistema de encabezado hasta llegar a los ductos de secado. La segunda es por aire caliente que es suministrado directamente sobre los palitos por parte de los ductos de secado. El aire se calienta en las resistencias y es enviado por las turbinas hacia los ductos.

- **Descargas**

Un conjunto de levas que reciben la transmisión del movimiento de la máquina accionan las agujas, las cuales se insertan en los agujeros de la malla expulsando los palitos hacia las gavetas. Las gavetas vienen de la C-90 a través del transporte neumático y son puestas sobre la cadena donde se movilizan por la descarga hacia los cierres. La carga 1 es la primera en ser expulsada, esta se localiza en la parte superior derecha y la carga 2 es la última en ser expulsada y se localiza en la parte inferior izquierda. El mismo sistema utiliza las descargas 3 y 4.
- **Cierres**

Las gavetas llenas de fósforos que vienen dentro de la cadena son colocadas en los mecanismos de cierre, los cuales las introducen dentro de los exteriores que vienen dentro del transporte neumático. El funcionamiento para cierre 3 y el cierre 4 es el mismo y se compone de las mismas partes y mecanismos, así como sus componentes eléctricos.
- **Transportes**

Después de pasar por el área de cierres 1, 2, 3 y 4 en la máquina C-148, las cajas pasan por cuatro transportes que son a través de fajas y rodillos, los cuales son accionados por medio de cinco motores. Los primeros dos transportes llevan las cajas del área de cierres hacia el transporte recto, luego este transporte recto lo lleva hacia un transporte inclinado y por último este lleva las cajas de fósforos al sistema de estrella ordenadora. Mientras el producto es transportado, también pasa por una serie de sensores los cuales llevan el control de cajas que pueden estar vacías y las que ya están listas para empaque.

- **Empaque C-121**

El proceso finaliza en la máquina de empaque, este sistema se encarga de empacar las cajas de fósforos que produce la línea continua C-148 y que son transportadas hasta esta estación por medio de bandas, la empacadora se encarga de agrupar 10 cajas de fósforos sellándolo con polipropileno y la ayuda de calor producido por resistencias eléctricas, posteriormente 5 de estos paquetes son sellados con material termoencogible en un horno para finalmente ser contenidos en bolsas de papel constituyendo el producto terminado.

2.4.3. Equipo de línea KL-2

- **ABM**

Entran las piezas de cartón, cortadas en la cizalla, en el alimentador de elemento donde son enviadas una por una, hacia el sistema de bloque (matriz de rodillos), por medio de una uña vibradora que baja cartón por cartón, por medio de unos discos y una cadena de transporte. Junto a este sistema está el sistema pegante en el que un disco con movimiento giratorio aplica el pegamento en las áreas destinadas del cartón. Luego pasan los exteriores por unos rodillos que aplican presión para que sean terminados de pegar y formar adecuadamente. Terminan de recorrer los exteriores la matriz de rodillos y pasan al sistema de transporte por medio de una faja que es accionada por un motor eléctrico.

Al finalizar de pasar por la faja transportadora pasan a un sistema de distribución que los divide en 16 canales diferentes y los transporta hacia la máquina ROG.

- JUL

Cuenta con un sistema de alimentación de cartón donde se monta la bobina, luego pasa el cartón al sistema de hendido donde se marcan los dobleces, luego al sistema de troquel donde se realizan los cortes correspondientes para formar cada lado de las gavetas que se doblarán posteriormente. El cartón entra al sistema de corte al mismo tiempo que el sistema de troquel, donde se corta la bobina de cartón en piezas individuales del tamaño de una gaveta.

Cada pieza es colocada en un sistema de moldes donde se le aplica a los lados pegamento el cual está ubicado en el colero. Luego cada pieza es formada en cajas ya dobladas e individuales en una rueda de embutido, pasando por último al sistema de secado en el cual se termina de fijar y secar las gavetas. Cada gaveta sale por medio de un transporte que las lleva hacia el área de descargas de la máquina KEB.

- KEB

Cuando las gavetas salen del tubo transportador por aire que viene de la máquina JUL, las gavetas entran a una tolva de almacenamiento, que alimenta una banda transportadora y esta luego abastece a la tolva de distribución. La tolva posee cepillos limitadores de gaveta, para garantizar que en un canal vaya transportada solamente una gaveta y no varias montadas entre sí. Ya acomodadas las gavetas en la salida de la tolva de distribución tiene una caída por gravedad, la cual le da un giro de 90 grados para entregarlo a las bandas de 16 canales que alimentan a la máquina ROG.

- **Plantado**

Por medio de la transmisión principal se transfiere movimiento a los subsistemas. Además, cuenta con motores independientes que se encargan del funcionamiento del vibrador plantado, cepillo y del magazine. Por medio manual se introducen cierta cantidad de palitos a un silo de almacenamiento, este posee un vibrador que sirve para alimentar la zaranda esta alimenta y distribuye por medio de carriles al ordenador de palito, el ordenador realiza su función y evacua los palitos desordenados. Este ordenador tiene en la parte posterior un canal de alivio de exceso de palito, que hace que cuando sobra palito lo devuelve al silo de almacenamiento por un tubo, por medio de aire.

Finalmente los palitos llegan al cajón vibrador que se encarga de llenar los espacios de las parrillas para que a la vez sean plantados por el peine plantador en la banda de duelas.

- **Parafinado**

Los trozos de parafina se derriten en la cuba que se encuentra en el parafinado 2 de la máquina continua KL2. La cuba alimenta al depósito el cual mantiene la temperatura de la parafina para posteriormente alimentar a la bandeja. La banda de duelas sumerge al palito dentro de la bandeja del parafinado para aplicarle una capa de parafina, si la parafina no se encuentra a la temperatura adecuada no se adhiere de forma correcta al palito, tanto el parafinado 1 como el 2 realizan la misma función.

- **Encabezado**

Este sistema funciona por medio de un motor eléctrico que hace mover la banda sobre la cual se vierte la pasta, la malla posiciona 9 duelas

simultáneamente sobre la mesa y por medio de un conjunto de brazos la malla se moviliza hacia la mesa impregnando los palitos con pasta.

- Secado

Constituye el último proceso para la producción de fósforos de madera, en este los palitos cargados sobre la banda de duelas, se secan en tres procesos diferentes, primero por aire circundante, segundo por medio de una corriente de aire generada por ventiladores y por último aire generado por una turbina.

- ROG

Es una máquina de unión de gavetas y exteriores. Se compone de los siguientes sistemas:

- Caídas de gaveta
- Caída de exteriores
- Cadena de avance
- Descarga de palito
- Vibradores mecánicos y eléctricos
- Cierres
- Cepillos y paletas
- Salidas de cajita
- Seguridades
- Transmisión principal

Sirve para descargar los palitos dentro de las gavetas y posteriormente unirlos con los exteriores, funciona por medio del motor principal de la máquina continua KL2 le brinda transmisión a través de un eje, el cual llega a una caja reductora y se distribuye por medio de ejes, engranes y levas hacia los distintos sistemas de la ROG.

- Transportes y empaque (VAT)

Constituye el último sistema del proceso continuo de KL-2, inicia con los transportes inclinados los cuales se utilizan para el transporte de las cajas de fósforos llenadas y cerradas en la máquina ROG hacia la banda transportadora de entrada de la máquina VAT, posteriormente el producto pasa por un sistema para equilibrar la carga de cajitas de fósforos que se ubican en la entrada de la máquina VAT.

El sistema de empaque es un mecanismo que se compone de un empujador de cajitas, elevador mecánico, pinzas sujetadoras de polipropileno, resistencias eléctricas, pistones y cilindros neumáticos, sirve para envolver de polipropileno paquetes de 10 cajitas de fósforos, el motor principal de la máquina VAT le da transmisión a un conjunto de levas y ejes, los cuales se encuentran acoplados al mecanismo. La secuencia de funcionamiento es:

Primero: la banda posiciona las 10 cajas sobre el elevador, el cual las posiciona frente al empujador.

Segundo: simultáneamente las pinzas sujetan la sección de polipropileno, hacia la posición del empujador, el cual empuja el paquete hacia las guías formadoras de paquete, las cuales le dan forma al mismo y posteriormente son llevadas por el empujador para ser selladas por medio de resistencias eléctricas.

- Máquina selladora

Antes de entrar los 5 paquetes a la máquina selladora, estos pasan por dos sensores fotoeléctricos que se activan al detectar la presencia de las cajitas de fósforos. Al detectarlas envían un impulso a una

electroválvula, la cual por medio del sistema neumático permite el paso de aire hacia el cilindro de doble efecto, disparándose y bajando las planchas de sellado, de esta forma se aplica presión y calor por medio de las resistencias eléctricas sobre el termoencogible.

Luego se contrae el cilindro de doble efecto levantando las planchas de sellado y dejando que los 10 paquetes (envueltos en una especie de bolsa de termoencogible), pasen por la banda transportadora que los llevará al horno que es el siguiente sistema, donde el termoencogible se contrae por el calor, el empaque finaliza cuando estos paquetes son colocados en cajas de cartón y posteriormente sellados.

2.4.4. Equipo de línea de cartera

- **Máquina de peine**
Esta máquina se compone de diversos mecanismos para desempeñar su función principal la cual es producir el peine o fósforos de cartón para las carteritas, el primer sistema es el troquel en el cual se realizan los cortes de las bobinas de cartón alojado en los rodillos de alimentación, posteriormente pasa por un sistema de parafinado el cual impregna de parafina el cartón con la forma de fósforos, luego pasa por la etapa de encabezado compuesto por los sistemas guía, mesa de encabezado y un sistema neumático para dosificar la pasta, finalmente se encuentra el cuarto de secado con ventiladores y deshumidificadores.
- **Máquinas pintadoras**
Compuesto por los sistemas de tarima de pliegos, succión de cartulina, transporte de pliegos los cuales dirigen los pliegos de cartulina hacia el sistema vaso pintador, el cual por medio de rodillos realiza la función de pintar con rasquero los pliegos que posteriormente son dirigidos al

sistema de secado, donde es aplicado aire caliente y pasa por reflectores eléctricos, los últimos sistemas son el de corte y hendido donde se les da la forma final al pliego para dirigirse a las máquinas cosedoras.

- Máquinas cosedoras

Compuestas por el sistema de alimentación de pliegos en donde se introducen los elementos cortados por las máquinas pintadoras, el sistema de corte de cartulina el cual con levas y engranes en movimientos sincronizados realizan los cortes de los forros de carteritas, posteriormente se encuentra el sistema de alimentación de peine compuesta por una banda metálica, la cual se carga de producto proveniente de la máquina de peine, el peine cortado es ensamblado con el forro por medio del sistema de fijación de grapa, finalmente se descarga y se almacena en bandejas la cantidad de 50 carteritas para su transporte al empaque.

- Empaque C-121

El proceso finaliza en el empaque donde las bandejas que contienen las carteritas, esta máquina posee los sistemas de polipropileno, material con el cual son empacadas las bandejas, seguido del sistema de corte, sistema de pinzas, sistema elevador de bandejas y sistema de empuje el cual guía las bandejas hacia las resistencias eléctricas, las cuales hacen que el polipropileno se contraiga y esta acción finaliza el proceso de empaque.

2.4.5. Equipo de línea de palitos

- **Caldera**
La caldera se encarga de generar vapor por medio de la transferencia de calor a presión constante, en el cual el fluido en estado líquido se calienta y cambia de fase, el vapor generado se utiliza para distintas funciones, una de ellas es el cocimiento de trozas de madera, el resultado de esto es un material más dúctil, también se utilizan grandes cantidades de vapor en el horno de secado de palitos.
- **Torno**
Su función es desprender de las trozas de madera la corteza existente dejando únicamente la albura, posteriormente es pasado por las cuchillas del torno donde es formada la chapa y colocada sobre mesas, la función de corte y descarga la realizan 3 operarios, 1 de ellos se encarga de los tableros de control mientras que los otros 2 de colocar la chapa en las mesas debido a los cortes rápidos que realiza el torno.
- **Guillotina**
La chapa proveniente del torno es ingresada a esta máquina, la cual se encarga de realizar los cortes mediante su sistema de cuchillas acorde a las especificaciones establecidas, una vez se finaliza el corte el palito es formado y transportados por medio de vibración en el sistema de zaranda hacia las bandas transportadoras, dirigiéndose al horno.
- **Horno**
Es alimentado por vapor proveniente de la caldera, su función es secar los palitos ya que estos se encuentran húmedos debido al cocimiento de las trozas, el horno al igual que todo el equipo posee un tablero de paro y

funcionamiento, así como cuatro controladores de temperatura que son monitoreados por los operarios, posteriormente el palito es conducido al impregnador.

- **Impregnador**

La función principal de esta máquina es impregnar de fosfato al palito haciéndolo más resistente y mejorando su acabado, por medio de un sistema compuesto por una bomba y un sistema de alimentación, lo anterior con fines de facilitar el proceso de fabricación del fósforo, el impregnador posee botoneras de mando al igual que los sistemas anteriores.

- **Clasificador**

Se encarga de clasificar el palito proveniente del impregnador por medio de un sistema de canastas y vibración, lo anterior permite desechar el palito que no cumple con las especificaciones establecidas.

2.5. Descripción del programa actual de mantenimiento

La programación de las tareas de mantenimiento preventivo en la empresa actualmente, son administradas por el Departamento Técnico, encargado de toda la gestión de dichas labores, según los indicadores de la empresa, el tipo de mantenimiento que predomina es el de tipo correctivo, dado que ciertas rutinas de inspección necesarias para garantizar el funcionamiento correcto del equipo, no son realizadas por el personal técnico, esto debido a que actualmente no existe un registro de dichas rutinas.

Generalmente, los cambios de piezas en el equipo es programado de forma anual, sin prestar atención al trabajo al que son sometidos las piezas y

mecanismos que componen la maquinaria, únicamente se realizan actividades de lubricación y ajustes, de igual forma el equipo eléctrico carece de un programa de mantenimiento, debido a que en este es más frecuente la realización de actividades correctivas.

El Departamento Técnico carece de un sistema que gestione la realización de los trabajos de mantenimiento preventivo, documentando la frecuencia de fallas ocurridas, para anticiparse y evitar el costo que implica la ejecución de un mantenimiento correctivo, garantizando la eficiencia del equipo y la optimización de los recursos materiales y fuerza de trabajo.

Frecuentemente se da el problema de la sobrecarga de órdenes de mantenimiento para el equipo, debido a la falta de documentación y registro de dichas órdenes, el personal técnico encargado de la ejecución de las tareas mencionadas, no puede llevar a cabo todo el trabajo que se le es asignado, prolongando las órdenes a un tiempo indefinido e incluso son olvidadas, esta situación incrementa las fallas en los equipos, afectando directamente el proceso de producción.

2.6. Identificación de las fallas más frecuentes

Uno de los mayores problemas del sistema actual de mantenimiento es la falta de registro de fallas cuando estas suceden, debido a la carencia de información se identificaron en forma general ciertas fallas que se han presentado en el equipo, lo cual ha ocasionado que la maquinaria sea inoperable o bien funcione pero sea incapaz de realizar su función prevista.

Las fallas más frecuentes se deben al descuido del personal operativo o técnico, en el momento de que realizan ciertas labores operativas o de

mantenimiento, descuidando el aspecto de los ajustes correctos o realizan procedimientos indebidos con herramienta inadecuada.

En el caso de las fallas que se deben directamente a problemas mecánicos o eléctricos es necesario realizar una breve descripción:

- Fugas hidráulicas o neumáticas: comúnmente debidas a la poca atención de los componentes que componen dichos sistemas, los conductos hidráulicos y neumáticos generalmente se encuentran sucios y en condiciones de operación poco adecuadas.
- Desgastes de piezas mecánicas: por el trabajo que realizan ciertos componentes y la falta de rutinas de inspección adecuadas, algunos equipos cuyo trabajo se realiza en contacto directo con otras piezas mecánicas sufren desgaste, comúnmente ocurre en el caso de los sistemas de corte, donde las cuchillas operan en condiciones críticas, lo anterior genera pérdidas de tiempo efectivo de producción.
- Fallas eléctricas: resulta difícil la identificación previa de anomalías en los sistemas eléctricos, por tal razón ciertos componentes como motores, contactores, guardamotores, sensores o resistencias sufren a menudo fallas, las cuales en su mayoría pueden ser erradicadas con rutinas de inspección.

3. PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Cuando se cuenta con la información necesaria y el conocimiento amplio del equipo de producción, se pueden tomar las medidas para asegurar el óptimo funcionamiento de la maquinaria, aprovechando el factor humano, tiempo y recursos materiales, logrando gestionar de forma óptima el mantenimiento.

En este capítulo se describirá el software como sistema de gestión del mantenimiento preventivo, el cual se eligió con base en el estudio de la capacidad del equipo de cómputo destinado al departamento técnico, así como la descripción de las rutinas de inspección y mantenimiento, las cuales se han determinado con base en un estudio técnico de la maquinaria que opera en la empresa, para posteriormente ser ingresadas al sistema donde se administrarán las tareas.

3.1. Descripción de rutinas de inspección

Las inspecciones se realizan continuamente por parte del Departamento de Mantenimiento quienes asignan responsables de su respectiva ejecución, en el momento en el que estas se generan, los resultados obtenidos sirven para detectar anomalías en los equipos, dichas anomalías se convierten en trabajos de mantenimiento, los cuales posteriormente se deben programar para su efectiva realización.

3.1.1. Inspección para línea auxiliar

Las rutinas se determinaron con base en diversas consultas con el personal técnico, manuales de mantenimiento autónomo y toda la información disponible del equipo en la empresa, dichas rutinas cuentan con frecuencia de realización y la condición en la que debe de estar el equipo para poder realizarse, lo anterior por razones de seguridad industrial, el detalle se muestra en la tabla II.

Tabla II. Rutinas de inspección equipo de línea auxiliar

Núm.	MÁQUINA PINTADORA Y CORTADORA DE ELEMENTOS C-92	Condición	Frecuencia
	Sistema neumático (succión)		
1	Inspección de levas	En marcha	Semanal
2	Inspección de bujes en cajas de transmisión	En marcha	Semanal
	Alimentación de pliegos		
3	Inspección de nivel de aceite de caja reductora	En marcha	Mensual
4	Inspección de cadena a eje principal	En marcha	Semanal
5	Inspección de chumaceras eje principal horizontal al costado de la máquina	En marcha	Trimestral
6	Inspección de piñones cónicos rectos transmisión de movimiento de ejes	En marcha	Semanal
	Tarima de pliegos		
7	Inspección de eje transmisión de movimiento levantamiento de tarima	En marcha	Trimestral
8	Inspección de 4 chumaceras	En marcha	Trimestral
9	Inspección de 4 sprocket	En marcha	Semanal
10	Inspección de 2 ejes	En marcha	Trimestral
	Transporte de pliegos		
11	Inspección de rodillo de transmisión de movimiento alimentación de pliego	En marcha	Semanal
12	Inspección de bujes en tensores de bandas transporte de pliegos	En marcha	Semanal
13	Inspección de bandas de alimentación de pliego	En marcha	Semanal
14	Inspección de rodos de presión	En marcha	Semanal
	Transmisión vaso pintador		
15	Inspección de cadena de transmisión de movimiento a vaso pintador	En marcha	Semanal
16	Inspección de rodamientos de rodillos de entrada y salida	En marcha	Semanal
17	Inspección de cadena y sprocket	En marcha	Semanal
	Transporte de pliegos en sistema de secado		
18	Inspección de cadena de transmisión de movimiento, cadena alimentación de pliegos	En marcha	Mensual

Continuación de la tabla II.

19	Inspección de chumacera en ejes inferiores y superiores transporte de cadena	En marcha	Trimestral
	Transporte de pliegos hacia corte		
20	Inspección de chumaceras en 3 ejes	En marcha	Trimestral
21	Inspección de cadena y sprocket	En marcha	Semanal
	Sistema de corte hendido		
22	Inspección de engranajes helicoidales transmisión de movimiento rodillos de hendido	En marcha	Trimestral
23	Inspección de corte de cuchillas	En marcha	Semanal
24	Inspección de hendedores	En marcha	Semanal
	Sistema de expulsión de tiras		
25	Inspección de cadena y sprocket transmisión de movimiento rodillos de expulsión	En marcha	Semanal
	Sistema de alimentación de tiras		
26	Inspección de eje de transmisión de movimiento levantamiento de tarima	En marcha	Semanal
27	Inspección de piñones de transmisión helicoidales	En marcha	Trimestral
Núm.	C-97 CORTADORA DE CARTÓN	Condición	Frecuencia
1	Inspección de rodillo de cuchillas	En marcha	Semanal
2	Inspección de sistema de embrague	En marcha	Semanal
3	Inspección de freno de rodillo embobinado	En marcha	Semanal
4	Inspección de polipasto	En marcha	Trimestral
5	Inspección de eje de transmisión principal caja de piñones	En marcha	Semestral
6	Inspección de eje porta bobinas madre	En marcha	Semanal
7	Inspección de sistema de tambor de freno	En marcha	Semestral
Núm.	C-94 CIZALLA	Condición	Frecuencia
1	Inspección de polea y correas transmisión de movimiento	Detenida	2 meses
2	Inspección de tren de engranajes movimiento ejes de corte	Detenida	2 meses
3	Inspección de leva excéntrica y bazos desplazamiento lanzaderas	Detenida	2 meses
4	Inspección de sistema de vacío (válvula, mangueras, racores)	En marcha	2 meses

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

3.1.2. Inspección para línea KL-2

La metodología utilizada para la determinación de las rutinas de inspección en KL-2, fue similar a la utilizada en la línea auxiliar, analizando los puntos críticos en el equipo que en determinado momento pueden causar grandes demoras en la producción.

La frecuencia establecida para estas rutinas de inspección, es el resultado de un análisis objetivo de las condiciones en las cuales opera el equipo, el detalle se muestra en la tabla III.

Tabla III. Rutinas de inspección línea KL-2

Núm.	PLANTADO	Condición	Frecuencia
1	Inspección de brazos excéntricos del cajón alimentador de palitos	Detenido	4 meses
2	Inspección de canal de alivio de exceso de palito	En marcha	4 meses
3	Inspección de soplador de exceso de palito	En marcha	4 meses
4	Inspección de seguidores de avance de plantado y leva impulsora	Detenido	6 meses
5	Inspección de engranes cónicos y cuña hacia leva impulsora de seguidores de avance	Detenido	6 meses
6	Inspección de cajas reductoras de volante (nivel de aceite)	Detenido	mensual
7	Inspección de peines plantadores, limitadores frontal y posterior	Detenido	6 meses
8	Inspección de transmisiones (piñones y rodamientos), leva motriz del puente	Detenido	6 meses
Núm.	PARAFINADO	Condición	Frecuencia
1	Inspección de sistema neumático (levantamiento de bandeja), bomba fluido de parafina	En marcha	6 meses
2	Inspección de guías de desgaste del 1er y 2do parafinado	Detenido	6 meses
3	Inspección de bombas de parafina	Detenido	4 meses
Núm.	ENCABEZADO	Condición	Frecuencia
1	Inspección de plancha de encabezado: levas, brazo motriz	Detenido	6 meses
2	Inspección de chumaceras, engranes de pista de alivio de banda de encabezado	En marcha	4 meses
3	Inspección de pista y seguidores de pieza de alivio de banda en el encabezado	En marcha	4 meses
4	Inspección de engranes motrices de banda de regletas	Detenido	6 meses
Núm.	ROG	Condición	Frecuencia
1	Inspección de banda de motor principal de KL-2	Detenido	3 meses
2	Inspección de acoples de cadena en transmisión principal (4 acoples)	Detenido	4 meses
3	Inspección de cuña de acople bipartido de ejes hacia engranes de avance	Detenido	4 meses
4	Inspección de seguidores, levas, rótulas, bujes de cangilones de llenadora	Detenido	6 meses
5	Inspección de cuadrantes de barra vibradora	Detenido	4 meses
6	Inspección de poleas y banda de barra vibradora	Detenido	4 meses
7	Inspección de seguidores y levas de brazos de cerrado de cajitas llenas	Detenido	4 meses
8	Inspección de mecanismos para avance de la malla, ejes, piñones	Detenido	4 meses

Continuación de la tabla III.

Núm.	JUL	Condición	Frecuencia
1	Inspección de rodamientos, rodillo guía de cartón hacia hendedor	Detenido	6 meses
2	Inspección de o'rings, rodamientos y engranajes de hendedor	Detenido	6 meses
3	Inspección de espigas de rueda formadora	Detenido	6 meses
4	Inspección de rodamientos, retenedor y centricidad de estrella engomadora	Detenido	3 meses
5	Inspección de estrella engomadora, superficie de los dientes (desgaste)	Detenido	3 meses
6	Inspección de troquel y cuchilla (cuchilla lateral de corte)	Detenido	mensual
7	Inspección de rueda de moldes para formado de las gavetas	Detenido	4 meses
8	Inspección de rodamientos de ruedas dentadas de salida de troquel	Detenido	6 meses
9	Inspección de rodos cónicos en cadena de gavetas	Detenido	4 meses
10	Inspección de compuerta de alivio de gavetas dañadas	Detenido	2 meses
Núm.	BAR-MACHINE - ABM	Condición	Frecuencia
1	Inspección de piñones y rodamientos en transición principal	Detenido	4 meses
2	Inspección de cadena y sprocket transmisión principal	Detenido	6 meses
3	Inspección de uña de arrastre que sacan los elementos del magazín	Detenido	6 meses
4	Inspección de engomado, rodamiento superior	Detenido	6 meses
5	Inspección de limitador de goma	Detenido	6 meses
6	Inspección de pieza de desgaste de acero en matriz formadora	Detenido	6 meses
7	Inspección de fijador de la matriz en su posición de trabajo	Detenido	6 meses
Núm.	TRANSPORTE 1 A 16 SALIDA BAR-MACHINE	Condición	Frecuencia
1	Inspección de compuerta distribuidora 1-8 y 9-16, rodamientos, cilindros neumáticos	Detenido	4 meses
2	Inspección de varillas de salida de distribuidor	Detenido	4 meses
Núm.	KEB	Condición	Frecuencia
1	Inspección de cepillos limitadores de gaveta	Detenido	4 meses
2	Inspección de brazos mecánicos y excéntricas de vibración	Detenido	6 meses
3	Inspección de bandas que sacan las gavetas de la tolva hacia el transportador	Detenido	6 meses
4	Inspección de sistema neumático (electro válvulas) y sus conexiones	Detenido	4 meses
5	Inspección de motor reductor para el movimiento de bandas para transporte de gaveta	Detenido	6 meses
6	Inspección de chumaceras de rodillos de transmisión de movimiento de bandas redondas	Detenido	4 meses
Núm.	VAT	Condición	Frecuencia
1	Inspección de transporte pequeño de cajitas de ROG hacia VAT	Detenido	6 meses
2	Inspección de banda sintética transporta cajitas con fósforo	Detenido	6 meses
3	Inspección de sprocket y cadena motriz	Detenido	4 meses

Continuación de la tabla III.

4	Inspección de sistema elevador	Detenido	4 meses
5	Inspección de sistema de corte	Detenido	4 meses
6	Inspección de sistema de pinzas	Detenido	4 meses
7	Inspección de sistema de plegado	Detenido	4 meses
Núm.	Inspección de transporte grande de cajitas de ROG hacia VAT	Condición	Frecuencia
1	Inspección de sistema neumático de equilibrador	Detenido	4 meses
2	Inspección de poleas y banda de motor reductor principal	Detenido	4 meses
3	Inspección de cadena y sprocket motriz de las ruedas impulsoras	Detenido	4 meses
4	Inspección de cilindros neumáticos de alimentación de cajitas de VAT	Detenido	4 meses
5	Inspección de sprocket y cadena de moto reductor motriz de banda entrada VAT	Detenido	4 meses
6	Inspección de resortes de retorno de cadenas motrices de varillas sostenedoras de cajitas	Detenido	4 meses
Núm.	Bar-Machine - ABM	Condición	Frecuencia
1	Inspección de piñones y rodamientos en transición principal	Detenido	4 meses
2	Inspección de cadena y sprocket transmisión principal	Detenido	6 meses
3	Inspección de engomado, rodamiento superior	Detenido	6 meses
4	Inspección de limitador de goma	Detenido	6 meses
5	Inspección de pieza de desgaste de acero en matriz formadora	Detenido	6 meses
Núm.	Transporte 1 A 16 salida Bar-Machine	Condición	Frecuencia
1	Inspección de compuerta distribuidora 1-8 y 9-16, rodamientos, cilindros neumáticos	Detenido	4 meses
Núm.	KEB	Condición	Frecuencia
1	Inspección de cepillos limitadores de gaveta	Detenido	4 meses
2	Inspección de brazos mecánicos y excéntricas de vibración	Detenido	6 meses
3	Inspección de sistema neumático (electro válvulas) y sus conexiones	Detenido	4 meses
4	Inspección de motor reductor para el movimiento de bandas para transporte de gaveta	Detenido	6 meses
5	Inspección de chumaceras de rodillos de transmisión de movimiento de bandas redondas	Detenido	4 meses

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

3.1.3. Inspección para línea C-148

Para el proceso de producción en la línea continua C-148 y la ubicación de los equipos en el área, se inicia con las máquinas C-90 y Bar-Machine,

encargadas de abastecer a la continua de gavetas y forros respectivamente, posteriormente las inspecciones para la continua C-148 mostrado en la tabla IV.

Tabla IV. Rutinas de inspección línea C-148

Núm.	C-90 # 1 Y 2	Condición	Frecuencia
1	Inspección de polea y faja de motor principal	Detenida	2 meses
2	Inspección de transmisión alimentación de cartón (sprocket y cadenas)	Detenida	2 meses
3	Inspección de sistema corte cuchilla (eje, rodamientos)	Detenida	2 meses
4	Inspección de sistema corte contra cuchilla (eje, tambor, rodamientos)	Detenida	2 meses
5	Inspección de tren de engranajes	Detenida	2 meses
6	Inspección de sistema de pegado	Detenida	2 meses
7	Inspección de sistema de troquel	Detenida	2 meses
Núm.	BAR MACHINE	Condición	Frecuencia
1	Inspección de polea y bandas de transmisión de movimiento	En marcha	Semanal
2	Inspección de tren de engranajes helicoidales arrastre de elementos	En marcha	Semanal
3	Inspección de limitador y retenedor de elementos en torre magazín	En marcha	Semanal
4	Inspección de ejes en rodillo liso para arrastre de los elementos	En marcha	Semanal
5	Inspección de bloque, tornillos de ajuste, desgaste de tacos y desplazamiento cadena	En marcha	Semanal
6	Inspección de cadena de arrastre de elementos	Detenida	Semanal
7	Inspección de sistema de colero	Detenida	Mensual
8	Inspección de banda de salida de elementos	Detenida	2 meses
Núm.	MÁQUINA CONTINUA	Condición	Frecuencia
	Transmisión principal movimiento plantado		
1	Inspección de 2 piñones cónicos transmisión movimiento plantado	Detenida	Anual
2	Inspección de 2 ruedas helicoidales movimiento plantado	Detenida	Anual
3	Inspección de 2 piñones avance de malla	Detenida	Anual
4	Inspección de embrague (movimiento de bielas)	Detenida	Anual
5	Inspección de 4 engranajes cónicos en ejes movimiento de bielas	Detenida	Anual
6	Inspección de 2 engranajes cónicos rectos levantamiento de peines	Detenida	Anual
	Transmisión hacia descarga y cierres 1 y 2 – 3 y 4		
7	Inspección de 2 engranajes cónicos movimiento de descargas	Detenida	Anual
8	Inspección de tren de engranajes rueda helicoidal descarga	En marcha	Anual
9	Inspección de rodamientos de plato de rodillos y sin fin descarga	En marcha	Anual
	Transmisión hacia eje vertical de alimentación malla sistema de secado descarga 1 y 2 – 3 y 4		
10	Inspección de tren de engranajes cónicos rectos	Detenida	Anual
11	Inspección de chumaceras en eje alimentación malla	Detenida	Anual
12	Inspección de las ruedas de cadena alimentación de malla	Detenida	Anual

Continuación de la tabla IV.

	Transmisión de eje vertical de alimentación malla (sistema de secado)		
13	Inspección de 3 engranajes chevron cónicos en eje vertical alimentación malla en secado	Detenida	Anual
14	Inspección de las chumaceras de los 9 ejes en el sistema de secado	Detenida	Anual
	Transmisión de eje horizontal sistema posicionamiento reglas (mesa de encabezado)		
15	Inspección de bielas avance de malla	Detenida	Anual
16	Inspección de brazos y leva posición de encabezado	Detenida	Anual
	Plantado		
17	Inspección de rodamientos lineales (puente)	Detenida	Anual
18	Inspección de parillas	Detenida	Anual
19	Inspección de peines, plantador, limador, anterior, posterior	Detenida	Anual
20	Inspección de excéntricas de bronce ajuste en inserción del palito	Detenida	Anual
21	Inspección de sistema de parafinado	Detenida	Anual
22	Inspección de sistema de encabezado	Detenida	Anual
	Descarga 1, 2, 3, 4		
23	Inspección de guía desplazamiento de brazos	Detenida	Anual
24	Inspección de sistema de expulsión	Detenida	Anual
	Cierres 1, 2, 3, 4		
25	Inspección de ejes de transmisión de cierre	Detenida	Anual
26	Inspección de piñón de bronce paso de tapa	Detenida	Anual
27	Inspección de transmisión principal cierres 1, 2, 3, 4	Detenida	Anual
Núm.	TRANSPORTADORES HACIA C-121	Condición	Frecuencia
1	Inspección de rodillos de transmisión y tensores desplazamiento de banda	Detenida	Anual
2	Inspección de dos bandas	Detenida	Anual
3	Inspección de cilindros neumáticos y fugas de aire en sistema equilibrador	Detenida	6 meses
Núm.	MÁQUINA DE EMPAQUE C-121	Condición	Frecuencia
1	Inspección de transmisión de banda (cadena y sprocket)	Detenida	3 meses
2	Inspección de eje y estrella ordenadora	Detenida	3 meses
3	Inspección de eje cardan	Detenida	3 meses
4	Inspección de mecanismo de soporte de cajas	Detenida	3 meses
5	Inspección de sistema de embrague del motor principal	Detenida	3 meses
6	Inspección de engranajes cónicos	Detenida	3 meses
7	Inspección de transmisión de banda (poleas y rodamientos)	Detenida	3 meses
Núm.	MÁQUINA SELLADORA	Condición	Frecuencia
1	Inspección de rodamientos de ejes donde ese desplaza las bandas	En marcha	6 meses
2	Inspección de rodamientos lineales del sistema de conveyor	En marcha	6 meses

Continuación de la tabla IV.

3	Inspección de horquilla movimiento pistón neumático sellado de paquetes	En marcha	6 meses
4	Inspección de rodillos guía de Termoencogible	En marcha	6 meses
5	Inspección de cadena y sprocket de rodillos guía de Termoencogible	En marcha	6 meses
6	Inspección de cadena y sprocket de transmisión de movimiento de banda	En marcha	6 meses
7	Inspección de poleas y banda guía de desperdicio de Termoencogible	En marcha	6 meses
8	Inspección de sistema de transmisión de movimiento neumático-mecánico	En marcha	6 meses
9	Inspección de los ejes del movimiento sistema de sellado de paquete	En marcha	6 meses
Núm.	MÁQUINA HORNO	Condición	Frecuencia
1	Inspección de ejes donde ese desplaza la cadena	En marcha	6 meses
2	Inspección de sprocket donde se desplaza la cadena	En marcha	6 meses
3	Inspección de varillas de transporte	En marcha	6 meses

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

3.1.4. Inspección para línea de palitos

Las rutinas de inspección fueron establecidas con base en material existente y actualización de datos, así como registros y especificaciones técnicas de fabricante para ciertos medidores, lo anterior se muestra en la tabla V.

Tabla V. Rutinas de inspección línea de palitos

Núm.	TORNO	Condición	Frecuencia
1	Inspección de motor principal	Detenido	2 meses
2	Inspección de sistema neumático deposito, bomba, filtro e imán	En marcha	2 meses
3	Inspección de bloque de válvulas	Detenido	2 meses
4	Inspección de manómetro lleno de liquido capacidad de 0 a 2,000psi	En marcha	2 meses
5	Inspección de presostato con capacidad de 0 a 2,200psi	En marcha	2 meses
6	Inspección de cilindro mordaza grande diámetro 140 mm. Rodamientos	Detenido	2 meses
7	Inspección de cilindro mordaza pequeña diámetro 70 mm. Rodamientos	Detenido	2 meses
8	Inspección de tuercas de bronce tornillos de avance carro	Detenido	2 meses
9	Inspección de soporte contra cuchilla	Detenido	2 meses

Continuación de la tabla V.

Núm.	ALIMENTADOR DE TROZAS	Condición	Frecuencia
1	Inspección de sprocket y cadenas de motor a cadena de alimentación de trozas	Detenido	3 Meses
2	Inspección de sistema neumático de cilindro.	Detenido	3 Meses
Núm.	GUILLOTINAS 1 Y 2	Condición	Frecuencia
1	Inspección de bandas de motor a eje auxiliar	Detenido	2 meses
2	Inspección de soporte rectangular de cuchilla	Detenido	2 meses
3	Inspección de soporte porta lancetas	Detenido	2 meses
4	Inspección de ejes y bases de deslizamiento porta cuchilla	Detenido	2 meses
5	Inspección de contra cuchilla y tornillos de ajuste	Detenido	2 meses
6	Inspección de brazo motriz y auxiliar de ratch	Detenido	2 meses
7	Inspección de coronas de bronce izquierda y derecha	Detenido	2 meses
8	Inspección de sistema neumático de filtro y lubricación de aire	Detenido	2 meses
Núm.	ZARANDA	Condición	Frecuencia
1	Inspección de brazos excéntricos	Detenido	2 meses
2	Inspección de motor y banda de soplador de palito	Detenido	2 meses
Núm.	IMPREGNADOR DE FOSFATO	Condición	Frecuencia
1	Inspección de operación correcta de cilindro impregnador de sulfato	Detenido	2 meses
2	Inspección de ejes y sprokets	Detenido	2 meses
3	Inspección de fugas en depósito de sulfato	Detenido	2 meses
4	Inspección de tubería, válvulas de paso de bomba a deposito	Detenido	2 meses
Núm.	HORNO SECADOR DE PALITO	Condición	Frecuencia
1	Inspección acople partido de transmisión principal	Detenido	2 meses
2	Inspección de rodos de cadena de banda secado	Detenido	2 meses
3	Inspección de articulación de brazo de ajuste altura de volumen de palito	Detenido	2 meses
4	Inspección de termómetros de 0 a 200 °C instalados en 4 secciones del secador	Detenido	2 meses
5	Inspección de válvula de paso y termómetro de 0 a 300 °C	Detenido	2 meses
6	Inspección de termómetros de 0 a 200 °C instalados en 4 secciones del secador	Detenido	2 meses
7	Inspección de válvula de paso y termómetro de 0 a 300 °C	Detenido	2 meses
8	Inspección de paneles radiadores	Detenido	2 meses
Núm.	CALDERA	Condición	Frecuencia
1	Inspección de tanque químico suavizador	Detenido	2 meses
2	Inspección de manómetro de 0 a160psi	Detenido	2 meses
3	Inspección de tres válvulas de paso de 1 pulg.	Detenido	2 meses
4	Inspección de sensor de bajo nivel de tanque colector de condensado debe apagar la bomba	Detenido	2 meses
5	Inspección de válvula check dia.2 de bomba #2	Detenido	2 meses
6	Inspección de manómetro con liquido de 0-100 psi salida bomba # 1	Detenido	2 meses

Continuación de la tabla V.

7	Inspección de manómetro de 0 a 200 psi bomba # 2 hacia tanque	Detenido	2 meses
8	Inspección de tubos de caldera que no tengan fugas	Detenido	2 meses
9	Inspección de tuercas de compuerta de caldera	Detenido	2 meses
Núm.	CLASIFICADOR	Condición	Frecuencia
1	Inspección de banda A-51	Detenido	2 meses
2	Inspección de eje motriz y polea	Detenido	2 meses
3	Inspección de banda motriz de tómbola	Detenido	2 meses
4	Inspección de tómbola dosificadora	Detenido	2 meses
Núm.	SELECCIONADOR	Condición	Frecuencia
1	Inspección de pines de soporte de canastas	Detenido	2 meses
2	Inspección de eslabones de cadenas plásticas	Detenido	2 meses
3	Inspección de seguros externos de pines	Detenido	2 meses
4	Inspección de polea motriz en forma de estrella	Detenido	2 meses
5	Inspección de cadenas motor principal	Detenido	2 meses
6	Inspección de sproket de transmisión	Detenido	2 meses
7	Inspección de matriz guía inferior y resorte de tracción de guía canastas	Detenido	2 meses
8	Inspección de banda motriz, polea y eje motriz	Detenido	2 meses

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

3.1.5. Inspección para línea de cartera

En esta línea las rutinas de inspección se centran principalmente en 5 equipos, debido a que la línea está compuesta por 2 máquinas pintadoras de cartulina cuyo funcionamiento y partes son las mismas, así como 5 máquinas cosedoras que funcionan de la misma forma, finalizando el proceso en el empaque, el detalle se muestra en la tabla VI.

Tabla VI. Rutinas de inspección línea de carter

Núm.	PINTADORA 1 Y 2	Condición	Frecuencia
	Sistema de transmisión	Detenido	3 meses
1	Inspección de poleas y correas motor principal	Detenido	3 meses
2	Inspección de eje, sproket, chumaceras sistema de embrague	Detenido	3 meses
3	Inspección de eje, sproket, chumaceras sistema de hendedores	Detenido	3 meses
4	Inspección de eje, sproket, chumaceras sistema de vaso pintador	Detenido	3 meses
5	Inspección de eje, sproket, chumaceras sistema alimentación pliegos	Detenido	3 meses
6	Inspección de estado de varillas y soportes en cadena transportadora del sistema de secado	Detenido	3 meses
7	Inspección de turbina aire caliente	Detenido	3 meses
8	Inspección de cuchillas y contra cuchillas y hendedores	Detenido	3 meses
9	Inspección de rodamientos en base de hendedores	Detenido	3 meses
Núm.	MÁQUINA DE PEINE	Condición	Frecuencia
	Transmisión Principal a troquel y caja de avance		
1	Inspección de motor principal, poleas y bandas	Detenido	3 meses
2	Inspección de eje horizontal, polea, chumaceras, sprocket paso 60 y engranaje recto de baquelita	Detenido	3 meses
3	Inspección de eje horizontal excéntrico engranaje recto, chumaceras, bujes, 2 sprocket	Detenido	3 meses
	Transmisión principal a continua		
4	Inspección de eje horizontal, chumaceras, sprocket cadena paso 60 y engranaje cónicos rectos	Detenido	3 meses
5	Inspección de eje vertical, chumaceras, engranajes cónicos rectos, sin fin y corona	Detenido	3 meses
	Impregnación de vaselina		
6	Inspección de rodillos impregnación de vaselina a cartón	Detenido	3 meses
	Amortiguación de troquel		
7	Inspección de cilindro neumático amortiguación	Detenido	3 meses
	Parafinado		
8	Inspección de depósito y bandeja de parafinado	Detenido	3 meses
9	Inspección de bomba y tubería del sistema de parafinado	Detenido	3 meses
	Encabezado		
10	Inspección de guías de cadena, sprocket y chumaceras de sistema de encabezado	Detenido	3 meses
11	Inspección de cilindro neumático de sistema de alimentación de pasta	Detenido	3 meses
Núm.	COSEDORAS 1 - 6	Condición	Frecuencia
	Sistema de Alimentación de tiras		
1	Inspección de sin fin y corona de eje principal	Detenido	3 meses
2	Inspección de bujes, eje de sujeción de leva	Detenido	3 meses
3	Inspección de leva, seguidor y brazo de accionamiento	Detenido	3 meses

Continuación de tabla VI.

Núm.	Sistema de Corte de Cartulina	Condición	Frecuencia
4	Inspección de engranajes cónicos helicoidales	Detenido	3 meses
5	Inspección de chumaceras y eje de la transmisión	Detenido	3 meses
6	Inspección de leva de corte	Detenido	3 meses
	Sistema de Alimentación de Peine de 120 Luces		
7	Inspección en el eje principal de sprocket y cadena paso 40	Detenido	3 meses
8	Inspección de caja reductora	Detenido	3 meses
9	Inspección de engranajes cónicos helicoidales	Detenido	3 meses
	Sistema de empujador de Peine de 120 Luces		
10	Inspección de leva y bulón de sistema de empujador de peine	Detenido	3 meses
11	Inspección en el eje principal del empujador	Detenido	3 meses
	Sistema de avance de Peine de 120 Luces		
12	Inspección de cadena y sprocket paso 40 movimiento sistema de avance	Detenido	3 meses
	Sistema de Corte de Peine de 20 Luces		
13	Inspección leva	Detenido	3 meses
14	Inspección de brazo, bujes, pasadores y cuadrado en movimiento de corte	Detenido	3 meses
	Sistema de Empujador de Peine de 20 Luces		
15	Inspección de leva y brazos	Detenido	3 meses
	Sistema de marchador		
16	Inspección de engranajes cónicos helicoidales, chumaceras y ejes	Detenido	3 meses
17	Inspección de sprocket y cadena de transmisión	Detenido	3 meses
	Sistema de Expulsión de Estrella		
18	Inspección de rodamientos y eje de sujeción de sprocket y cadena	Detenido	3 meses
	Sistema de Ordenador		
19	Inspección de rodamientos y eje de sujeción de sprocket y cadena	Detenido	3 meses
	Cadena de Arrastre de Elementos		
20	Inspección de caja de avance de cadena de arrastre de elementos	Detenido	3 meses
21	Inspección de eje y rodamientos de transmisión de movimientos	Detenido	3 meses
Núm.	MÁQUINA EMPACADORA C-121	Condición	Frecuencia
	Alimentación de bandeja por cadena (Transporte)		
1	Inspección de cadena y sprocket de banda	Detenido	3 meses
2	Inspección de embrague	Detenido	3 meses
	Sistema empujador		
3	Inspección de leva, brazos y rodamiento	Detenido	3 meses
	Sistema elevador		
4	Inspección de leva, brazos, bujes y pines	Detenido	3 meses
	Sistema pisante		
5	Inspección de leva, brazos, bujes y pines	Detenido	3 meses
	Sistema de pala		
6	Inspección de leva, brazos, bujes y pines	Detenido	3 meses

Continuación de tabla VI.

Núm.	Sistema de uñas	Frecuencia	Condición
7	Inspección de leva, brazos, bujes y pines	Detenido	3 meses
	Sistema alimentador de polipropileno		
8	Inspección de leva	Detenido	3 meses
9	Inspección de brazos, bujes y pines	Detenido	3 meses
	Sistema de corte		
10	Inspección de eje y bujes de movimiento de cuchilla	Detenido	3 meses
	Sistema de pinzas		
11	Inspección de rodamientos desplazamiento pinzas	Detenido	3 meses
12	Inspección de resorte de compresión de sujeción de polipropileno	Detenido	3 meses
13	Inspección de sistema de avance de bandejas	Detenido	3 meses
14	Inspección de sistema de expulsión de bandejas	Detenido	3 meses
15	Inspección de sistema de sellado de bandejas	Detenido	3 meses

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

3.2. Descripción de rutinas de mantenimiento

Dadas las exigencias del equipo y las condiciones a las cuales se someten, las rutinas de mantenimiento están enfocadas en la prevención de fallas más frecuentes ocurridas durante el proceso de producción, así como en garantizar que el equipo se encuentra en óptimo funcionamiento.

3.2.1. Mantenimiento para línea auxiliar

Las rutinas que se establecerán consisten en la realización de órdenes de inspección acorde a la frecuencia que se ha establecido, debido a que esta línea se encarga de abastecer de material a las los líneas continuas; es de suma importancia que el equipo se encuentre en óptimo funcionamiento ya que una falla en esta línea afectará considerablemente la producción de la empresa

3.2.2. Mantenimiento para línea KL-2

Las rutinas de mantenimiento de esta línea difieren un tanto de las mencionadas anteriormente en las tablas de la línea auxiliar, puesto que la línea de producción KL-2 junto a C-148 son las encargadas de producir fósforos de madera formando parte del mayor ingreso que tiene la empresa, debido a eso se enfatiza en los aspectos que garantizan el óptimo funcionamiento del equipo de forma individual y en conjunto de la línea de producción, las rutinas son: rutinas de inspección, medición y mantenimiento del equipo eléctrico y electrónico, rutinas periódicas de lubricación, rutinas de inspección del equipo en funcionamiento o detenido cuando sea necesario.

3.2.3. Mantenimiento para línea C-148

Al igual que el mantenimiento propuesto en la línea KL-2, en la línea C-148 las rutinas de mantenimiento deben de ser similares, estas varían dependiendo de los sistemas que utilizan, esta línea generalmente se encarga de manufacturar producto para exportación lo cual constituye un factor de suma importancia al igual que en la línea KL-2, puesto que las rutinas de mantenimiento propuestas deben abarcar las exigencias por parte del Departamento de Calidad en las auditorias constantes del equipo y el aseguramiento de que este se encuentre entre los parámetros óptimos de funcionamiento.

3.2.4. Mantenimiento para línea de palitos

Puesto que es la línea que abastece a las dos continuas KL-2 y C-148 de materia prima (palito de madera) el mantenimiento preventivo debe garantizar que el equipo se encontrará en óptimo funcionamiento, ya que un paro en esta

línea representaría pérdidas productivas considerablemente altas, las rutinas de mantenimiento abarcan diversos aspectos como, eléctricos, electrónicos, neumáticos, mecánicos, etc. Los aspectos anteriores son contemplados en las rutinas de inspección detalladas en las tablas anteriores.

3.2.5. Mantenimiento para línea de carter

Esta línea de producción trabaja de forma independiente a las cuatro líneas mencionadas anteriormente, puesto que el producto es fósforos en presentación de carterita (cartón), por lo cual cada una de las rutinas de inspección y mantenimiento detallada anteriormente, contemplan los principales aspectos para garantizar que el equipo funcione de forma óptima, siendo el equipo crítico la máquina de peine y la máquina de empaque, en las dos máquinas anteriores se concentra el mantenimiento ya que el equipo restante proporciona mayor tiempo para poder realizar reparaciones.

3.3. Descripción del software de gestión

Se presentará en figuras y descripciones amplias o breves según sea el caso, de cada uno de los elementos y herramientas que posee el software de gestión de mantenimiento, "Mantenimiento Preventivo MP 8". Como un sistema confiable para la base de datos, permitiendo el acceso fácilmente, dicho sistema posee módulos especializados que cubren las áreas de Gestión y Planificación de Mantenimiento.

Figura 8. **Pantalla inicial software de mantenimiento preventivo**



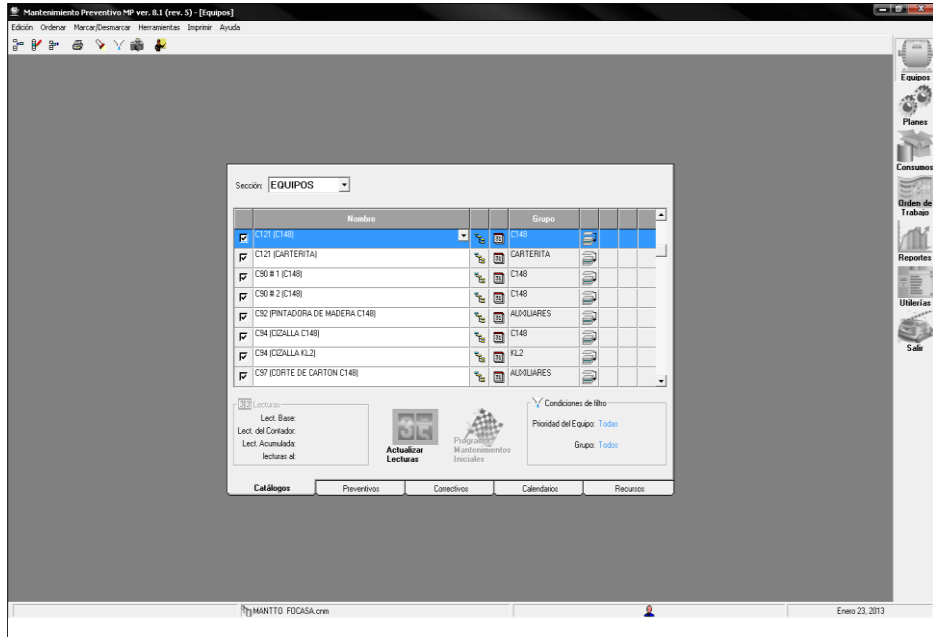
Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A.

3.3.1. Equipos

Para la implementación de la solución, es necesario establecer un catálogo de equipos los cuales se registran y almacenan desde el programa, seleccionando el módulo Equipos en el sistema, todo lo registrado en esta sección será lo que posteriormente se programará para generar las ordenes de trabajo preventivas, en las fechas programadas inicialmente, el programa se encargará de realizar las proyecciones necesarias.

Cuando se halla ingresado un equipo, se debe crear un plan de mantenimiento y asociarlo al equipo determinado, con el fin de coordinar la información que se halla ingresado, el proceso de asociación se explicara más adelante.

Figura 9. Campo de Equipos

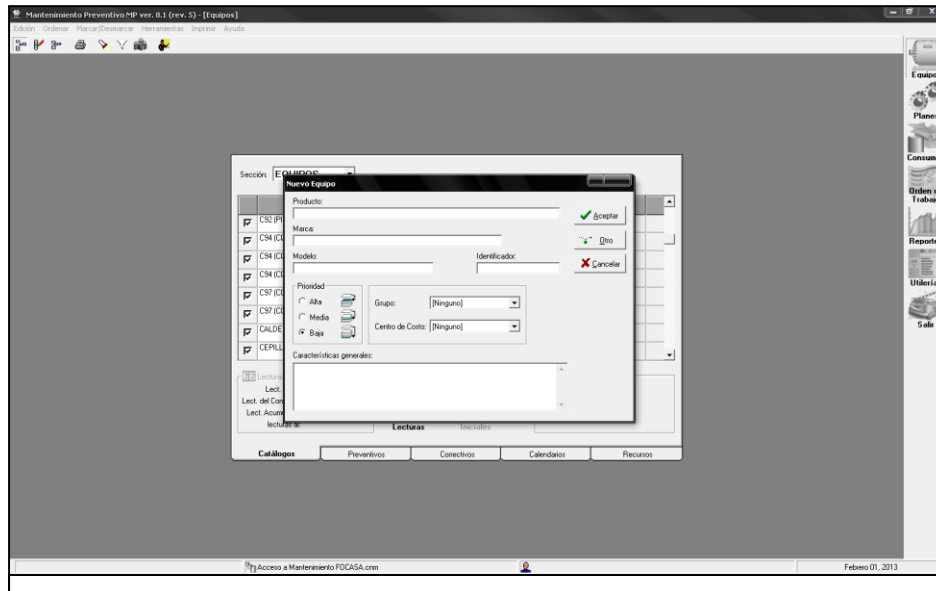


Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A.

3.3.1.1. Campos para registro de equipos

Para el registro de los equipos en el catálogo, el software solicita información técnica los cuales el usuario puede variar de acuerdo a los datos que se tenga, así como omitir ciertos campos para su registro, lo anterior se detalla en la figura 9.

Figura 10. Campos para registro de equipos



Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A

Los campos anteriores se mencionan a continuación:

- Producto
- Marca
- Modelo
- Identificador
- Prioridad
- Especificaciones y datos técnicos
- Grupo
- Centro de costos

3.3.1.2. Catálogos

En esta sección se muestra el listado de los equipos ingresados por el usuario, estos posteriormente deben asociarse a un plan de mantenimiento en el cual se detallan los componentes de los equipos y se especifican los mantenimientos a realizar.

3.3.1.3. Listado de mantenimientos preventivos y correctivos

En estos apartados se muestran los listados de las tareas de mantenimiento preventivas y correctivas que se han programado, en el caso de los mantenimientos preventivos, se cuenta con tres herramientas para el registro del historial, así como gráficos en el caso de que al equipo se puedan realizar mediciones, este gráfico mostrará la tendencia de los datos obtenidos con los datos que realmente debe tener, por ejemplo en equipos eléctricos donde se mide el amperaje que según el fabricante debe tener y lo que realmente se obtiene, con el fin de realizar un análisis y diagnóstico de las condiciones actuales.

Para el listado de mantenimientos correctivos, se muestra las actividades, el tipo de falla que se ha identificado, los trabajos que se encuentran pendientes, los trabajos realizados, así como un apartado para reportar las fallas que se han determinado.

Figura 11. Listado de mantenimientos preventivos y correctivos

Equipo: AFILADORA CUCHILLAS CIRCULARES

Actividad					Ultimo Mantto.	Próximo Mantto.	Atraso	OT Actual
MANTO MOTOR ELECTRICO, COMPLETO: Motor principal\					05/02/2012	05/08/2013		
MANTO MOTOR ELECTRICO, RUIDO Y MEDICIONES: Motor principal\					07/08/2012	07/02/2013		
MANTO TABLERO ELECTRICO, LIMPIEZA Y APRIETE: Tableros electricos\					05/11/2012	05/02/2013		

Historia por Actividad
 Historia general de preventivos
 Gráfica Predictivos

Catálogos
 Preventivos
 Correctivos
 Calendarios
 Recursos

Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A.

3.3.1.4. Calendarios

En esta sección se muestra en un calendario anual o mensual según sea la elección del usuario, los trabajos que deben realizarse dependiendo de las fechas en que se han programado.

El calendario se muestra con el fin de identificar las tareas que requieren paro y las que se pueden realizar de forma rutinaria, con esto se podrá comparar respecto a los otros equipos, los trabajos que coinciden en la misma fecha, para poder realizar modificaciones en la planificación y evitar sobrecargas de trabajo, lo que generaría incumplimiento en la programación.

Figura 12. Calendarios

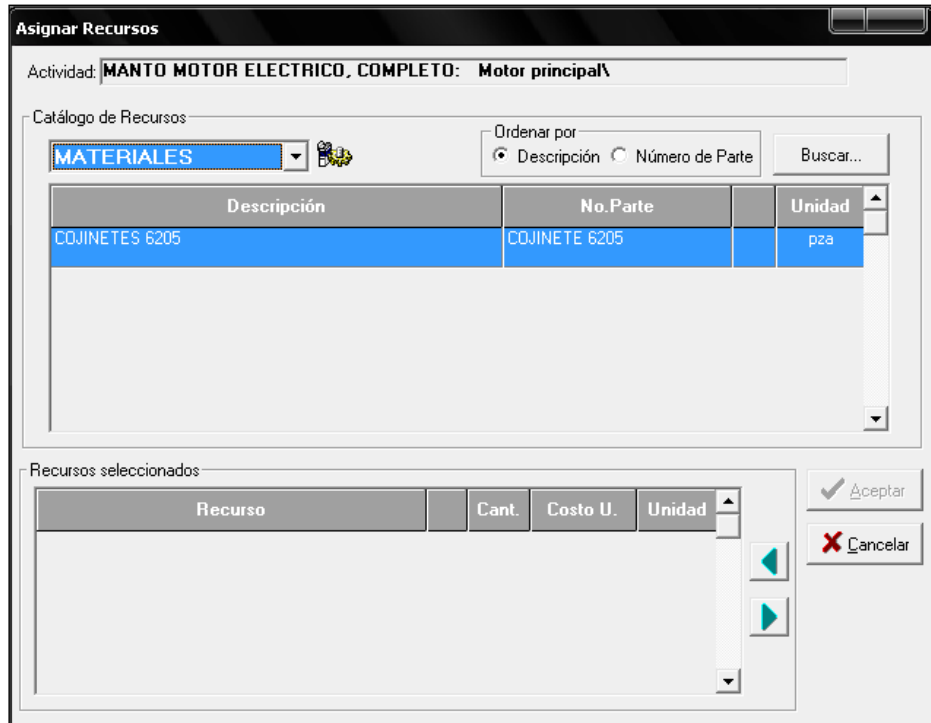


Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A.

3.3.1.5. Recursos

En el apartado de recursos se puede asignar insumos para llevar a cabo una orden de trabajo, el listado de insumos forma parte del inventario de refacciones, la cual se debe ligar al plan de mantenimiento preventivo, donde se registran las unidades de insumos utilizados, costos y cantidad, lo anterior permitirá tener un control de costos por cada orden que se realiza, sea preventiva o correctiva, así como verificar en el inventario la existencia de los repuestos críticos.

Figura 13. Asignación de recursos



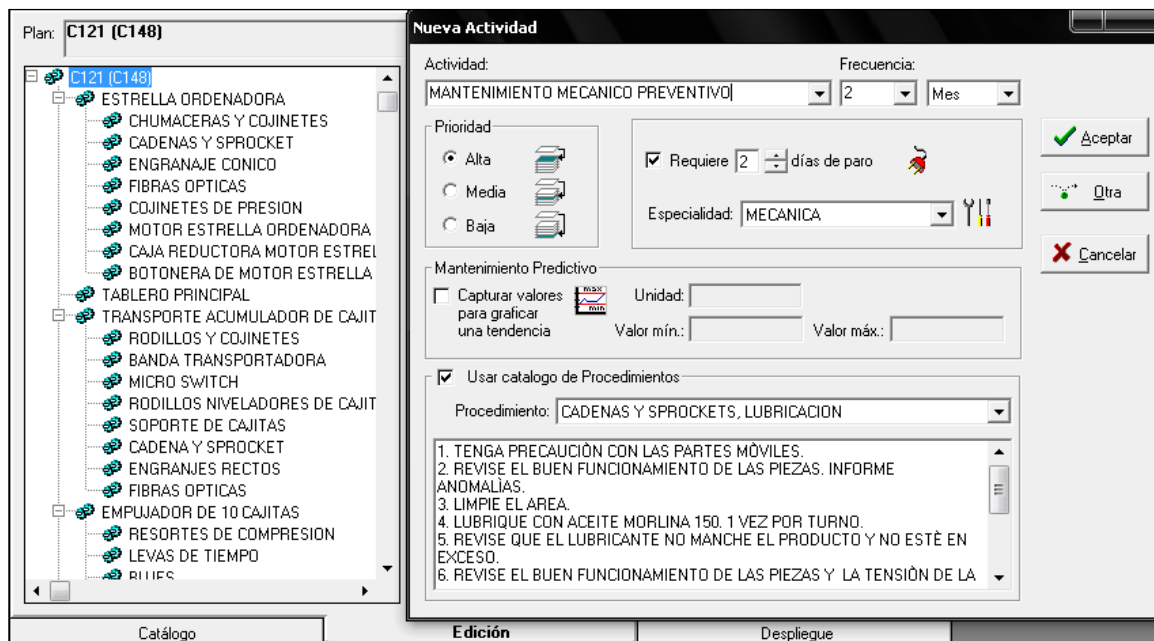
Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A.

3.3.2. Planes

Básicamente un plan de mantenimiento está compuesto por actividades de carácter preventivo, que deben realizarse según la frecuencia determinada en base al criterio y conocimiento técnico del equipo, tomando en cuenta las condiciones de trabajo a las cuales son sometidos, para garantizar el óptimo funcionamiento. El software solicita información básica para el registro de los planes de mantenimiento para el equipo, estos son:

- Nombre: identifica al plan.
- Régimen: establece el tipo de control (fechas o lecturas).
- Partes y subpartes del equipo.
- Actividades: detalla las acciones de mantenimiento a realizar para cada equipo, tomando en cuenta las partes y subpartes.
- Frecuencia: indica la periodicidad entre los mantenimientos preventivos.
- Especialidad: indica que personal de mantenimiento realizará la acción, en función de sus capacidades, puede ser personal eléctrico o mecánico.
- Prioridad: muestra la relación de preferencia entre actividades.

Figura 14. Planes y catálogo



Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional, S.A.

3.3.2.1. Catálogo de planes

En la figura 12 se muestra el catálogo, donde se indican las partes y subpartes que conforman el plan, para cada una de estas se puede asignar actividades de mantenimiento tanto como se deseen, dependiendo de la frecuencia que se ha determinado. Se puede utilizar planes maestros, de esta forma todas las actividades contenidas en dicho plan se registrarán bajo la misma frecuencia y programación o establecer planes de forma individual dependiendo de los requerimientos del equipo.

3.3.2.2. Edición

En el apartado de edición se ingresan todos los datos necesarios para finalizar el plan de mantenimiento, una vez concluido este procedimiento es necesario establecer las fechas iniciales de mantenimiento, dichas fechas servirán como referencia y a partir de esta programación se comenzará la gestión del mantenimiento, lo anterior se observa en el campo de equipos, las tareas que no han sido programadas inicialmente aparecerán con la opción de habilitada para programar mantenimientos iniciales, bastará con indicar la fecha del último mantenimiento y a partir de esta en función de la frecuencia establecida se proyectará el próximo mantenimiento.

3.3.2.3. Despliegue

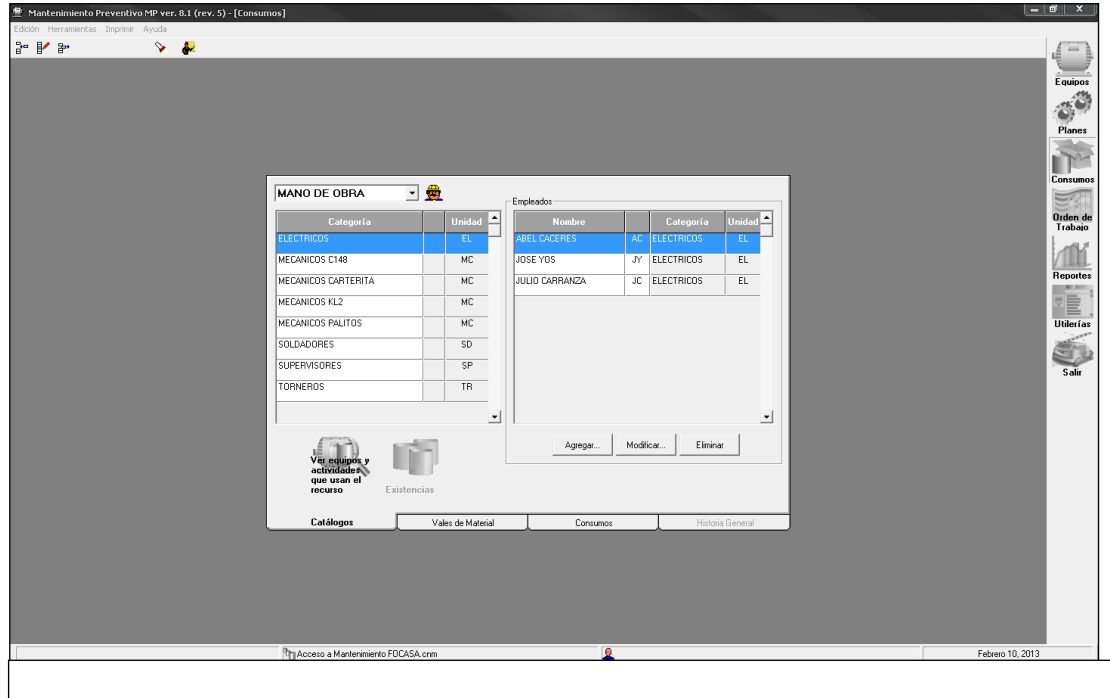
Finalmente por razones de apreciación se puede utilizar la opción despliegue, lo anterior con el fin de observar las tareas ingresadas para cada plan, seguido de la frecuencia, tipo de lectura, especialidad y si es necesario detener el equipo para realizar el mantenimiento preventivo, con esto el usuario

podrá identificar faltantes en el plan de mantenimiento y realizar las modificaciones que a criterio considere pertinentes.

3.3.3. Consumos e insumos

En este módulo es posible registrar los recursos necesarios para llevar a cabo la ejecución de una orden de trabajo para cada una de las actividades establecidas, estos recursos pueden ser materiales, herramientas, mano de obra, recursos externos y repuestos, de esta forma se puede revisar el historial de asignación de recursos e identificar faltantes, realizando informes anticipados de requisiciones para garantizar la efectividad de cada orden de mantenimiento preventiva, de esta forma se agilizará el procedimiento eliminando demoras. Con la implementación del software será posible realizar vales de herramientas y materiales manteniéndose de esta forma actualizado el inventario de insumos.

Figura 15. Consumos e insumos



Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional.

3.3.3.1. Materiales

Adicional al módulo de consumos e insumos, el software posee un programa de refacciones que permite el control eficiente de materiales y repuestos, evaluaciones de inventario, herramienta kardex, proveedores, compras, entre otros. El programa de refacciones se gestiona de forma independiente al de mantenimiento, lo cual implica la coordinación del personal de mantenimiento como la del personal de bodega, por lo anterior se recomienda enlazar ambos programas para lograr un mejor control de costos.

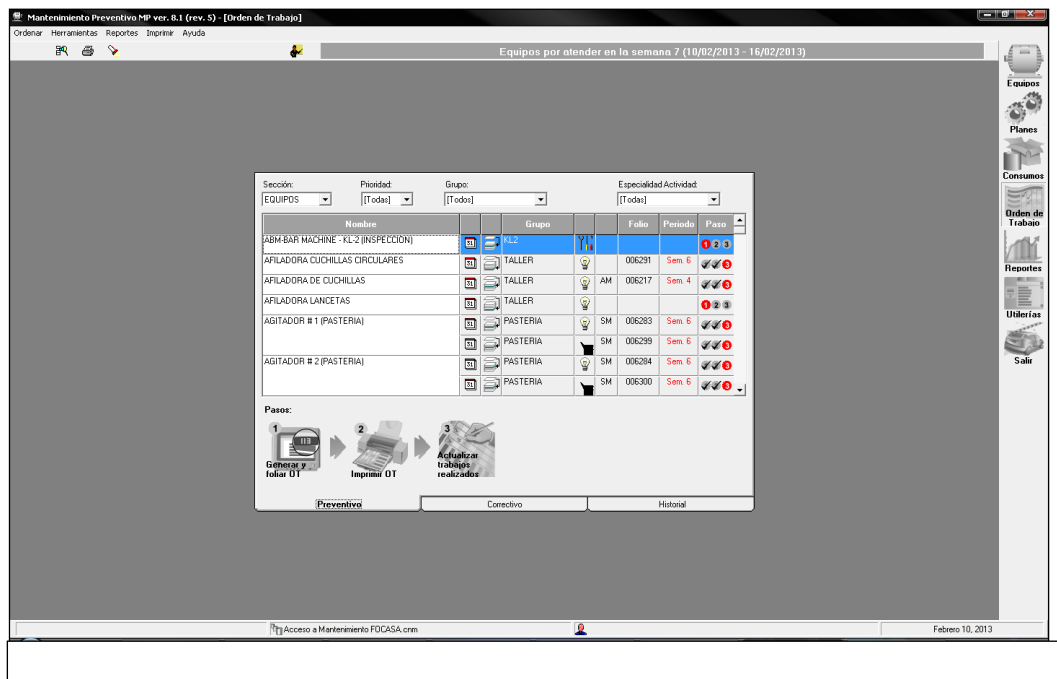
3.3.3.2. Mano de obra

En esta sección se registran las diversas especialidades del Departamento Técnico (mecánicos, electricistas, taller), indicando el nombre del personal que pertenece a dicha especialidad y el número de personas disponibles, de esta forma resulta importante asignar por especialidades técnicas a determinada orden de trabajo, al finalizar la orden el usuario registrará la información referente al consumo de mano de obra y la persona que realizó el trabajo.

3.3.4. Ordenes de trabajo

En este módulo el usuario puede identificar los equipos que están próximos a ser atendidos, los equipos que no poseen ninguna actividad para realizar en el periodo no aparecen, es posible observar las ordenes por grupo o especialidad con el fin de facilitar la identificación. Para el caso de los equipos que no son controlados por fechas si no por lecturas es necesario actualizar las lecturas correspondientes al inicio del periodo, de esta forma el software podrá identificar los equipos próximos a atender.

Figura 16. Órdenes de trabajo



Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional

3.3.4.1. Generación de órdenes de trabajo

El proceso de generación comienza seleccionando un equipo en el paso Núm. 1 que consiste en generar y foliar una orden, en dicho paso se puede seleccionar las opciones de generar una orden de forma individual, de forma automática y la opción de adelantar trabajos que se han programado para el futuro y quieran realizarse en el periodo actual. En este paso es posible asignar un responsable quien será el encargado de que la orden de trabajo se realice satisfactoriamente, una vez finalizado el procedimiento la orden se ubica en el siguiente paso. El paso Núm. 2 consiste en imprimir la orden u órdenes de trabajo que se han generado, es posible realizar ciertas modificaciones de impresión a criterio del usuario.

Finalmente el paso Núm. 3 consiste en actualizar los trabajos realizados, una vez la orden generada durante el periodo es devuelta por el personal encargado de ejecutar la orden, en esta sección se pueden identificar fallas y reportar anomalías si existiesen. Al cambiar de periodo todas las ordenes que estén listas para cerrar se cerrarán automáticamente, el usuario puede cerrar una orden sin haber realizado todas las actividades, esto permite la objetividad de los trabajos programados.

3.3.4.2. Órdenes preventivas

En esta sección se muestran los equipos próximos a realizar ordenes preventivas, pendientes de imprimir y de cerrar, es importante definir el periodo de la orden de trabajo ya que mientras más grande sea el periodo, menor será la frecuencia y la cantidad de ordenes de trabajo que deban emitirse, esto busca simplificar la gestión del mantenimiento, debido a que la retroalimentación será más sencilla, todo lo anterior se debe a que el periodo es la cantidad de días que abarcan las ordenes de trabajo. El procedimiento anterior se realiza en la sección de utilerías.

3.3.4.3. Órdenes correctivas

A consecuencia de las fallas o desperfectos que puede sufrir un equipo, es necesaria la realización de reparaciones y con ello las ordenes de trabajo correctivo, las fallas durante la producción se presentan de improviso lo cual genera paros y con ellos costosas perdidas, el fin del mantenimiento preventivo es evitar dichas fallas, pero cuando estas se presentan resulta importante corregir los imprevistos en el menor tiempo posible.

3.3.4.4. Historial

En esta sección se almacenan las órdenes de trabajo que se han realizado, indicando la fecha, número de folio, tipo de orden (preventiva o correctiva) y el responsable de la realización de dicha orden, lo anterior con el fin de facilitar la búsqueda de órdenes que se han realizado en periodos anteriores pudiendo ser consultas de ordenes preventivas o correctivas.

3.3.4.5. Reporte de fallas

Cuando se detecte una falla durante la realización de ordenes preventivas, esta debe reportarse, lo anterior permitirá la generación de una orden de mantenimiento correctivo, de esta forma se respalda el trabajo con una orden que el administrador de mantenimiento planifica.

Una vez se reporta la falla, aparece un mensaje de aviso o alerta en el programa, lo cual puede ser observado por el administrador del mantenimiento indicando de esta forma que la orden correctiva debe ser atendida con urgencia. Si el software se encuentra instalado en red en varias estaciones, cuando se haya finalizado la orden correctiva, el programa permite notificar a la persona que reporto la falla por medio electrónico, que dicha orden ha sido realizada.

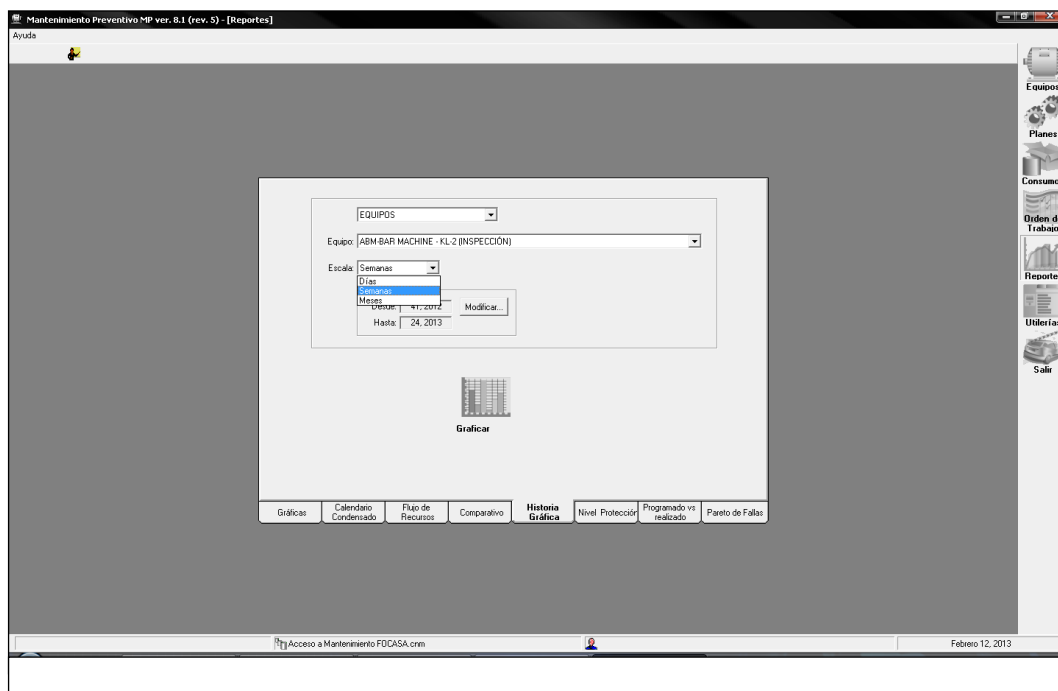
3.3.5. Gráficos de reporte

Este módulo presenta en forma gráfica la efectividad de las ordenes de trabajo que se han planificado, debido a que el software permite generar diversos tipos de gráficos para el posterior análisis del administrador, quien evaluará de forma objetiva la realización de cada orden que se ha generado

durante el periodo seleccionado (rango de fechas), el gráfico puede ser utilizado para comparar las actividades de un grupo de equipos o de forma individual para cada equipo, una vez se hayan seleccionado los datos el administrador puede importar el gráfico para ser visto desde otro programa, comúnmente se utiliza el software de Excel debido a la diversidad de herramientas que este posee.

El gráfico que se puede generar es de barras y se permite incluir hasta cuatro series de datos, de igual forma se pueden graficar operaciones aritméticas entre series, estas pueden ser: porcentajes, sumas y divisiones, lo cual permite obtener relaciones de costos entre el mantenimiento preventivo y los costos totales.

Figura 17. **Módulo de gráficos de reporte**

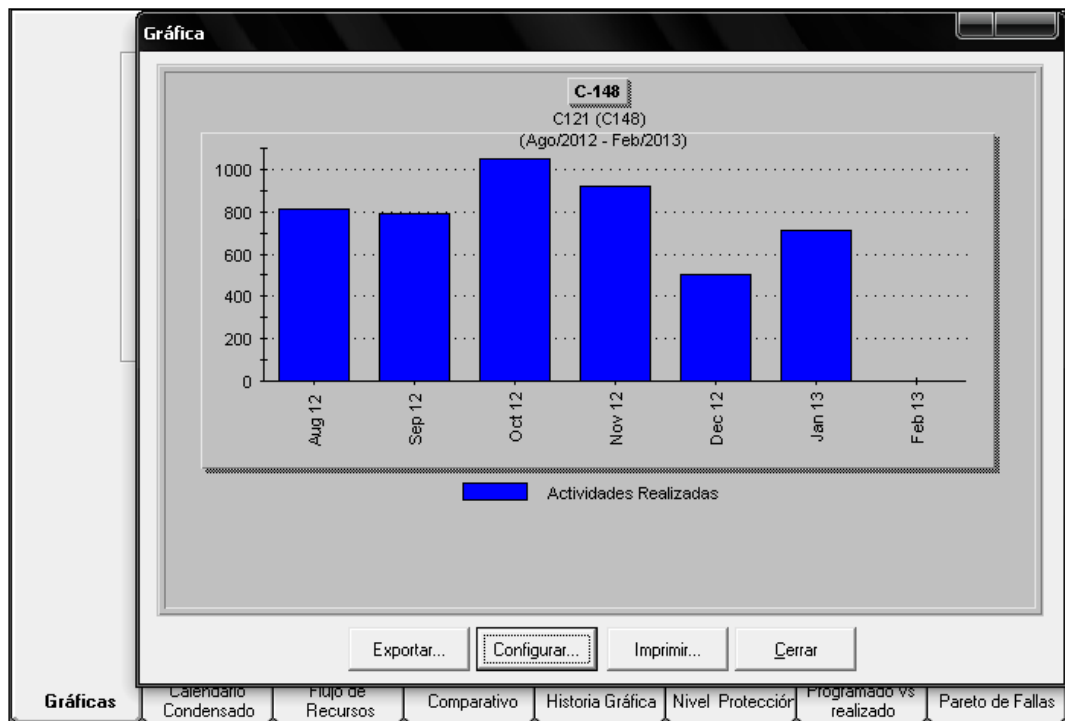


Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional.

3.3.5.1. Gráfico de actividades realizadas

Es posible generar graficas, donde se muestra la cantidad de actividades que se han podido realizar durante un periodo determinado con el fin de determinar la efectividad y cumplimiento por parte del personal encargado de realizar los trabajos de mantenimiento, la generación del gráfico es sencilla al igual que su interpretación, el ejemplo puede ser observado en la figura 16.

Figura 18. Actividades realizadas

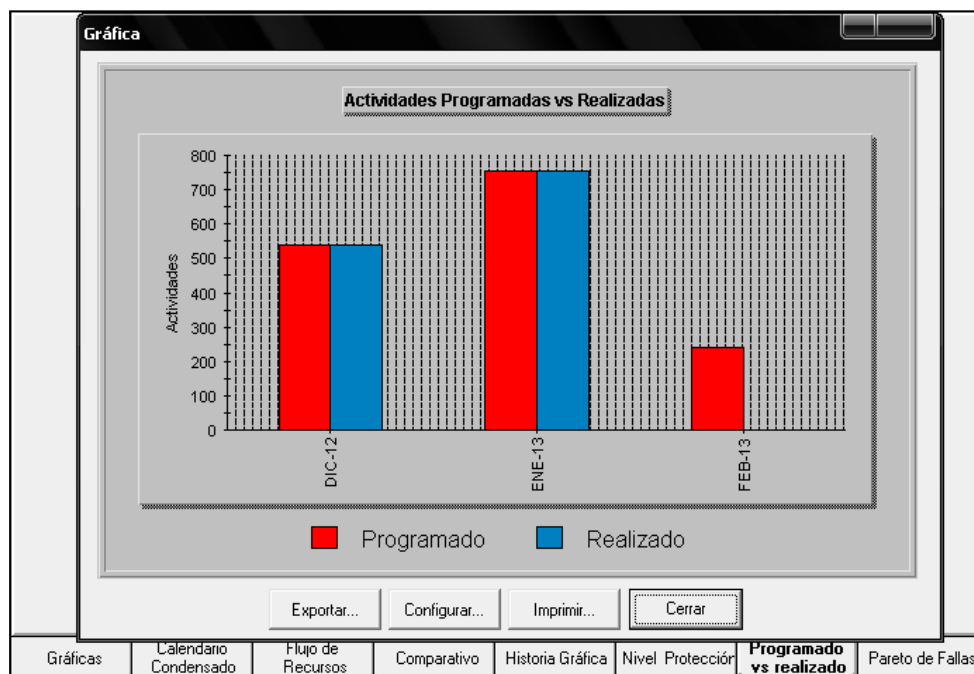


Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional.

3.3.5.2. Gráfico de actividades realizadas vs. programadas

Esta opción permite demostrar gráficamente el cumplimiento de cada una de las labores de mantenimiento que ha establecido como necesarias el departamento técnico y las cuales deben realizarse acorde a la programación que se ha determinado. Las actividades que se han realizado quedan almacenadas en el software, esto permite además de realizar gráficos comparativos, se pueden analizar costos de realización de trabajos de mantenimiento, mano de obra, materiales, trabajos externos, etc. En la figura 16 se muestra un gráfico comparativo cuyo esquema es similar a todos los que se deseen evaluar y analizar.

Figura 19. Gráfico comparativo



Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional.

3.3.5.3. Pareto de fallas

Cuando se registra una falla es posible relacionarla con el catálogo, el cual se encuentra previamente registrado por el usuario, el Pareto consiste en graficar la falla en orden de mayor a menor ocurrencia, lo cual permite identificar las fallas más frecuentes en un equipo, el gráfico de Pareto es una herramienta útil en la planificación estratégica, aplicado a la gestión de mantenimiento contribuye en la reducción de las causas que generan las fallas.

3.3.6. Utilerías

En esta sección es posible editar los distintos grupos a los que el usuario desea que pertenezcan los equipos, el centro de costos a donde se cargarán los gastos de realización de órdenes de trabajo, de igual forma se pueden establecer los distintos catálogos de actividades, especialidades técnicas, tipos de fallas y los procedimientos para la realización de las diversas tareas o actividades que se han establecido en las ordenes de trabajo, todo lo anterior con el fin de facilitar la edición de las ordenes.

En el mismo módulo de utilerías es posible seleccionar la opción de MP la cual permite editar encabezados, logotipos, periodos entre órdenes de trabajo, tipo de generación de folios, entre otras opciones útiles para la presentación de las órdenes de trabajo.

3.4. Descripción del procedimiento

Para el ingreso de la información al sistema se procederá a dividir las áreas de mantenimiento con base en las especialidades del personal, deben existir rutinas de mantenimiento para personal eléctrico, mecánico, operativo y

encargados del taller, con el fin de hacer más eficiente el sistema se determinarán las órdenes clasificadas para cada personal, quienes tendrán un periodo específico para realizar los trabajos, la efectividad de realización de labores se evaluará con el gráfico a final de periodo para un equipo o línea de producción.

- Rutinas de mantenimiento mecánico

Estas serán determinadas con base en el uso y condiciones del equipo para las diversas líneas de producción que componen la planta, debido a que ciertos equipos poseen condiciones más estables que otros dado el trabajo que realizan, analizando el ambiente en que los equipos operan se establecieron las rutinas y frecuencias de mantenimiento, basadas en los siguientes aspectos:

- Inspección: el personal mecánico llevara a cabo las órdenes de inspección que el software generara con base en la programación establecida por el departamento técnico.
- Mantenimiento: estas órdenes serán realizadas y programadas con base en los que se ha determinado previamente en las rutinas de inspección ya que ese será el fin principal de la inspección, periódica de los equipos.
- Lubricación: con base en los requerimientos, usos y condiciones de trabajo de los equipos de producción se generarán las ordenes de lubricación, cuidando todos los aspectos técnicos y especificaciones de los lubricantes necesarios para asegurar el

óptimo funcionamiento del equipo, utilizando para la determinación del uso de un lubricante el criterio de velocidades de los mecanismos, siendo estas, velocidades bajas, medias y altas.

- **Rutinas de mantenimiento eléctrico**

Periódicamente se realizarán órdenes de inspección de componentes eléctricos y electrónicos, tales como, sistemas PLC, sensores de fibra óptica, sensores térmicos, indicadores, entre otros. En el caso de las órdenes de mantenimiento preventivo o correctivo serán programadas por el Departamento Técnico, lo anterior será previo a la consulta del reporte de fallas generado en el software de mantenimiento.

Para ambas especialidades eléctricas y mecánicas, las órdenes de inspección y mantenimiento preventivo o correctivo, serán entregadas de forma equitativa, evitando recargo en el trabajo del personal, con el fin de asegurar la óptima realización de dichas órdenes.

3.5. Ventajas del sistema propuesto

Principalmente las ventajas del sistema son las siguientes:

- Aumento en la eficiencia del mantenimiento.
- Optimización del tiempo y gestión del mantenimiento.
- Control en la administración de recursos materiales, humanos, insumos, recursos externos, entre otros.

- Incremento en la efectividad de generación de órdenes de trabajo de mantenimiento.
- Mayor control de realización de trabajos de mantenimiento.

3.6. Desventajas del sistema propuesto

- Pérdida de tiempo en aprobar proyectos de mejora en gestión de mantenimiento.
- Es necesario crear programas de capacitación constante para el personal involucrado en la gestión de mantenimiento.
- La obtención de licencia y actualizaciones propias del software.
- La necesidad de un departamento encargado de la gestión y mantenimiento del programa.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.1. Determinación de las actividades necesarias para el mantenimiento

Para cada una de las tareas de mantenimiento a un equipo en especial, es necesario establecer actividades a realizar, las cuales tienen el fin de garantizar que cada una de los mecanismos y componentes de la maquinaria realicen su trabajo de forma eficiente.

Los factores importantes en gestión de mantenimiento son, la planificación y el seguimiento, debido a que es la única forma de poder evaluar los resultados obtenidos, cuando el sistema carece de planificación el panorama de supervisión resulta incierto y si a las actividades de mantenimiento no se les da seguimiento, el sistema carecerá de datos necesarios para la evaluación y efectividad de la propuesta.

La orden de trabajo consta de un grupo de actividades para cada especialidad, ya sea mecánica, eléctrica, electrónica para el equipo automatizado, entre otros.

Como se mencionó en capítulos anteriores estas actividades se ingresarán al sistema en el módulo de edición de planes de mantenimiento, un aspecto a considerar es el orden cronológico que deben poseer dichas actividades, debido a que cuando se decide trabajar un equipo este posee mecanismos y dispositivos necesarios para que otros funcionen, lo cual resulta

en la necesidad de realizar un análisis del conjunto cuidando a detalle cada aspecto, así como el orden de inspección de un equipo ya que de este dependerá el seguimiento que debe darse a los trabajos de mantenimiento.

El proceso de obtención de información para establecer las actividades que son necesarias y que garantizarán la efectividad de los trabajos de mantenimiento, se basarán en los siguientes aspectos:

- Con base en la experiencia de las personas encargadas del Departamento de Mantenimiento y procedimientos técnicos para los equipos.
- Entrevista con el personal mecánico, debido a que son las personas que se encuentran directamente en contacto con la maquinaria y son quienes asisten los problemas durante la operación de la misma.
- Consulta de bitácoras existentes por el personal mecánico, esta información se reflejara en la determinación objetiva de actividades mantenimiento.

4.2. Descripción de las órdenes de trabajo

El sistema se encargará de generar las ordenes de trabajo de acuerdo a la programación inicial que se ha establecido, una vez establecida la frecuencia para cada actividad, el software únicamente presentará las actividades para un periodo determinado pudiendo ser diario, semanal, o mensual. Estas órdenes podrán generarse cuando el sistema lo indique o si el usuario lo desea puede adelantar trabajos que se encuentran en periodos futuros y así optimizar el

tiempo de realización anticipando tareas de mantenimiento según la prioridad de los equipos.

Cuando se halla editado todo lo necesario para describir correctamente la orden de trabajo, se procede a generarla como se ha descrito en capítulos anteriores, el formato de orden se muestra en la figura 17.

Figura 20. Orden de trabajo



Fosforera Centroamericana S.A.
Fosforera Centroamericana, S.A.

Fosforera Centroamericana S.A.
Departamento Técnico
ORDEN DE TRABAJO PREVENTIVA

MAN_GEN_R_01
Febrero 28, 2013
09:15 PM
Folio: 006316

PLANTADO (KL2)

Grupo: KL2 **Centro de Costo:** MANTO KL2

Realizó: _____ **Supervisó:** _____

Firma: _____ **Firma:** _____

Actividad del: 24/02/2013 al: 02/03/2013

MANTO COJINETES, REVISION: Seguidor/Martillo Implador

1. VERIFIQUE QUE LA MAQUINA ESTE PARADA.
2. DESARME LOS COJINETES.
3. PROCEDA A VERIFICAR QUE LOS COJINETES ESTEN SIN MUCHO JUEGO, SI SE ENCUENTRAN CON JUEGO CAMBIELOS.
4. REVISE EL ESTADO DE LAS CUNAS.
5. LUBRIQUE.
6. ARME EL SISTEMA.
7. VERIFIQUE LA CORRECTA OPERACION DE LA MAQUINA.

NOTA AMBIENTAL:
TODO EL RESIDUO DEL DESENGRASANTE QUE HAY UTILIZADO DEBE DE FILTRARLO (SI HUBIERA) Y LLEVARLO A LA BODEGA DE REPUESTOS. LOS RESIDUOS DEBE LIMPIARLOS CON WYPE Y LLEVARLOS AL DEPOSITO ESPECIFICO EN EL TALLER EL CUAL SERA LLEVADO A LA CALDERA PARA QUE SEAN INCENERADOS.

24	25	26	27	28	1	2
1						

Fuente: MP Software, Técnica Aplicada Internacional.

En la figura anterior se muestra cada uno de los pasos necesarios para realizar determinada actividad de mantenimiento, es necesario tener un orden

durante la ejecución de una labor de mantenimiento ya que de esto dependerá la efectividad del mantenimiento preventivo. Cuando se tengan todos los aspectos que requiere la orden de trabajo, como las firmas de supervisor, realizado y responsable, esta se deberá entregar al encargado de la gestión de mantenimiento, quien supervisará que todo se haya realizado de acuerdo a lo establecido, para poder dar por finalizada la orden de trabajo en el módulo de actualización de ordenes de trabajo.

4.3. Descripción de los índices de medición a utilizarse

Con la asignación de recursos y el factor humano destinado para la realización de órdenes de trabajo, es posible recopilar datos para cálculos de disponibilidad del equipo, tiempos de ejecución de mantenimientos preventivos, y con ellos establecer porcentajes de cumplimiento para cada tarea.

- **Porcentaje de cumplimiento de tarea**
Este índice se establece por medio de una relación entre el tiempo real de ejecución y el tiempo planificado o el tiempo en el cual se espera que se realice la orden de mantenimiento, si el índice sobrepasa el 100 % indica que la ejecución de la orden ha sido lenta, siendo necesario verificar el factor causante de este retraso.

$$\% \text{ de cumplimiento} = \frac{\text{Tiempo de ejecución}}{\text{Tiempo planificado}} \times 100\%$$

- **Efectividad global de mantenimiento preventivo**
Mide de forma global el mantenimiento, este índice resulta muy eficaz ya que relaciona diversas variables como: velocidad, disponibilidad y calidad, el total resulta del producto de las variables mencionadas.

$$\text{EGMT} = \text{Disponibilidad} * \text{Velocidad} * \text{Calidad}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tareas sugeridas}}{\text{Tareas programadas}}$$

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Tareas programadas}}{\text{Tareas ejecutadas}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo sugerido de ejecución}}{\text{Tiempo real de ejecución}}$$

Los datos para el cálculo de los factores mencionados anteriormente serán registrados en el historial que posee el software de mantenimiento, de donde se extraerán los registros necesarios, en el caso de los tiempos de ejecución, este será tomado para cada orden de trabajo y registrado, siendo el tiempo sugerido el que se registre en el sistema.

- Índice de tiempo improductivo
Este dato refleja el tiempo en el cual no se ha producido, ocasionado por paros en el equipo debido a demoras que en su momento pudieron preverse, con un mantenimiento preventivo estable, lo anterior es el causante primordial de retrasos en la producción, al obtener este dato se podrá identificar factores que contribuyan a la optimización del recurso humano permitiendo tomar cursos de acción dada cada circunstancia.

$$\text{Índice de tiempo improductivo} = \frac{\text{Tiempo total de paros}}{\text{Tiempo total de ejecución}}$$

Para el cálculo de la relación anterior se deberán llevar registros estadísticos, los cuales al final de cada periodo establecido por el Departamento Técnico, serán utilizados para obtener el resultado del índice de tiempo improductivo por cada equipo, la determinación de cada índice es responsabilidad del Departamento Técnico, los cuales se estiman al final de cada periodo establecido, guardando los datos para formar un historial para futuras comparaciones y proyecciones.

4.4. Análisis económico

Los retrasos en la producción causan considerables pérdidas económicas para las empresas, en este caso estos retrasos se deben en su mayoría, a fallas mecánicas en los equipos, seguido por factores operativos y finalmente por materias primas.

Los costos son proporcionales a la capacidad diaria de producción que posee la empresa, lo anterior se encuentra en función de la eficiencia que alcanzan las líneas de producción. Históricamente se han establecido eficiencias acorde al rendimiento del equipo, de tal forma que los resultados económicos se reflejan en el volumen de producción de la planta, las eficiencias históricas se muestran en la tabla VII.

Tabla VII. **Eficiencias históricas de producción**

Línea C-148	Línea KL-2	Línea de cartera
85 %	90 %	70 %

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

La razón por la cual no se alcanzan eficiencias más altas es debido a fallas mecánicas que retrasan la producción durante tiempos considerables, si las líneas de producción se encuentran trabajando al máximo de su capacidad, es decir al 100 %, los ritmos de producción lograrían abarcar las metas diarias, con lo anterior se reduciría considerablemente los costos que genera el equipo cuando no se encuentra produciendo.

Los ritmos de producción con la eficiencia en un 100 % se muestran en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Ritmos de producción**

Línea	Eficiencia	Ritmo de producción (fardos/hora)
C-148	100 %	39,2
KL-2	100 %	41,2
Cartera	100 %	46

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

Un historial de eficiencias del último año refleja la falta de cumplimiento de las expectativas, ya que los resultados difieren de los que realmente se esperan y por ende afecta el ritmo de producción para cada una de las líneas, al final de periodo la eficiencia global demuestra cuanto se debe mejorar, debido a que los ingresos esperados por la empresa dependen directamente del volumen de producción que se logre alcanzar, al no cumplir con lo esperado se obtienen pérdidas económicas considerablemente altas.

Con los datos reales de las eficiencias que actualmente alcanzan las líneas de producción se puede establecer cuanto le cuesta a la empresa no cumplir con las expectativas de eficiencia en unidades monetarias si se sabe el costo por fardo de cada una de las presentaciones del producto.

Es necesario evidenciar la situación actual en cuanto a las eficiencias de logra alcanzar la planta y posteriormente establecer el factor del cual se derivan los resultados, siendo estos: mecánicos, materias primas o el factor operativo.

A continuación se presenta el historial de eficiencias de los últimos meses.

Tabla IX. **Eficiencias alcanzadas en los últimos meses**

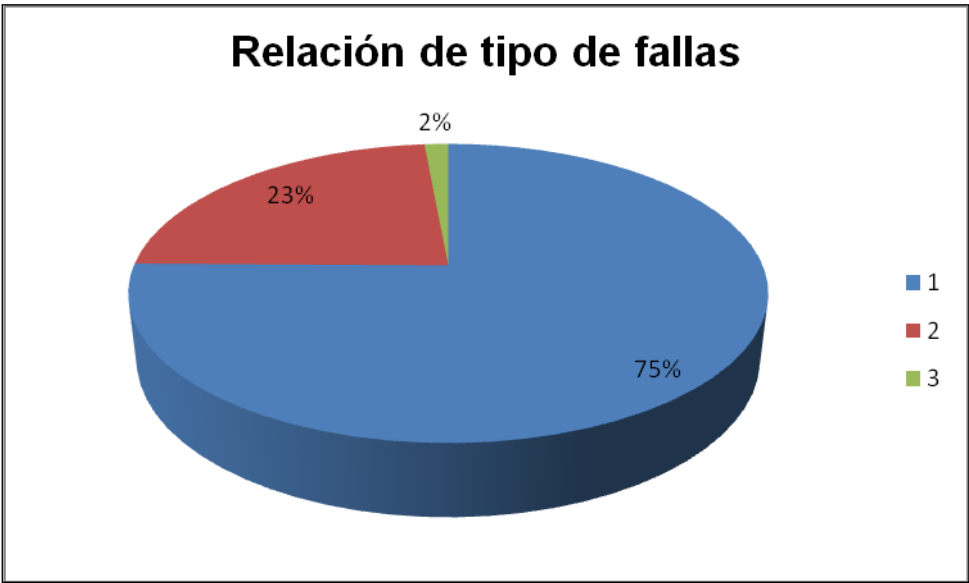
Mes	KL-2	Cartera	C-148
Enero	89,00 %	54,00 %	83,00 %
Febrero	85,00 %	57,00 %	84,00 %
Marzo	90,00 %	61,00 %	85,00 %
Abril	86,00 %	65,00 %	82,00 %
Mayo	85,00 %	70,00 %	88,00 %
Junio	87,00 %	62,00 %	85,00 %
Julio	86,00 %	69,00 %	89,00 %
Agosto	81,00 %	74,00 %	86,00 %
Septiembre	91,00 %	82,00 %	79,00 %
Octubre	87,00 %	73,00 %	91,00 %
Noviembre	89,00 %	85,00 %	86,00 %
Diciembre	82,00 %	74,00 %	81,00 %
Promedio	86,50 %	68,83 %	84,92 %
Eficiencia Global		80,08 %	

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

La causa más frecuente por la cual las líneas de producción no alcanzan las eficiencias esperadas se debe en mayor parte a fallas mecánicas, según fuentes estadísticas recopiladas en el último año, la razón por la cual el mayor porcentaje se atribuye a la razón anterior se debe a la falta de planificación y el seguimiento necesario para que el mantenimiento preventivo se gestione de forma eficiente.

El factor que más afecta en la eficiencia son las fallas mecánicas, el segundo factor importante son las materias primas las cuales afectan cuando se decide producir con distintas presentaciones y finalmente el factor que menos afecta es el nivel operativo, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura 21. **Porcentaje de fallas**



Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

En la figura anterior se observa como las fallas mecánicas afectan en un 75 % la eficiencia global de la empresa, seguido por un 23 % atribuidas al factor de materias primas y finalmente un 2 % que pertenece al factor operativo, es decir la poca capacidad que tienen las personas que operan la maquinaria.

Con los resultados anteriores queda evidenciada la falta de un sistema que contribuya a la gestión del mantenimiento preventivo, debido al volumen de fallas que actualmente se tiene, el análisis económico mostrará a detalle cuanto afectan los factores mecánicos en la producción.

Con los ritmos de producción mostrados anteriormente es posible calcular el costo que representa para la empresa el no cumplir con la meta diaria de producción, determinando el volumen de lo producido y comparando los resultados con el ideal, y el que realmente se alcanza, luego se realizan los cálculos de costos y la diferencia para establecer cuando realmente pierde la empresa al día si no se alcanza el 100 % de eficiencia.

Se procede a calcular los distintos ritmos de producción para cada una de las líneas en función de la eficiencia que estas poseen actualmente, este dato es determinado por el número de fardos de producto terminado que las líneas de producción generan, seguido por el ritmo de producción deseado, para el análisis de la situación actual y la que se desea obtener, la información se muestra en las siguientes tablas.

Tabla X. **Ritmos de producción actual**

Línea	Eficiencia	Ritmo de producción (fardos/hora)
C-148	85 %	33,3
KL-2	87 %	35,6
Cartera	70 %	32,2

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A

Tabla XI. **Ritmos de producción deseado**

Línea	Eficiencia	Ritmo de producción (fardos/hora)
C-148	100 %	39,2
KL-2	100 %	41,2
Cartera	100 %	46

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

Con los datos de los ritmos de producción de cada una de las líneas y si se sabe el costo para cada fardo, se puede establecer el ingreso diario que tiene la empresa en función del volumen de producción, para poder realizar la comparación y el análisis de lo que se pierde al no contar con el equipo en óptimo funcionamiento, los resultados se muestran a continuación.

Tabla XII. **Ingreso real al día para producción de fósforos**

Ingreso Real en 24 hrs				
Línea	Fardos	Eficiencia	Costo/fardo	Ingreso
C-148	799,68	85 %	Q120	Q95 962
KL-2	855,312	87 %	Q290	Q248 040
Cartera	772,8	70 %	Q285	Q220 248
Total				Q564 250

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

Tabla XIII. **Ingreso ideal al día para producción de fósforos**

Ingreso Ideal en 24 hrs				
Línea	Fardos	Eficiencia	Costo/fardo	Ingreso
C-148	940,8	100 %	Q120	Q112 896
KL-2	988,8	100 %	Q290	Q286 752
Cartera	1104	100 %	Q285	Q314 640
Total				Q714 288

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

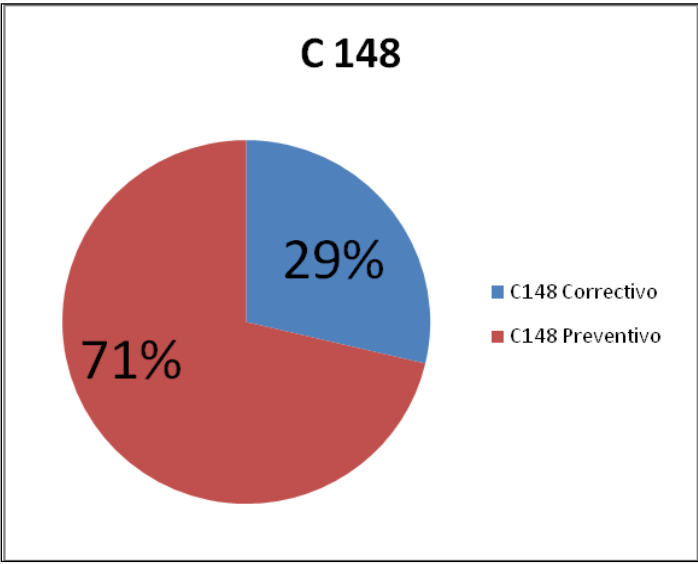
Si se restan los resultados obtenidos para el ingreso real y el deseado, se obtiene un monto de Q150 038, lo cual constituye el ahorro que se obtendrá con la implementación del sistema de gestión de mantenimiento.

4.4.1. Relación actual mantenimiento preventivo y correctivo

Los porcentajes existentes actualmente muestran la tendencia pronunciada que se tiene al mantenimiento preventivo, lo cual conlleva a una serie de costos derivados de la reincidencia de fallas ocurridas durante el proceso productivo, el número de fallas y tiempo de paro del equipo son

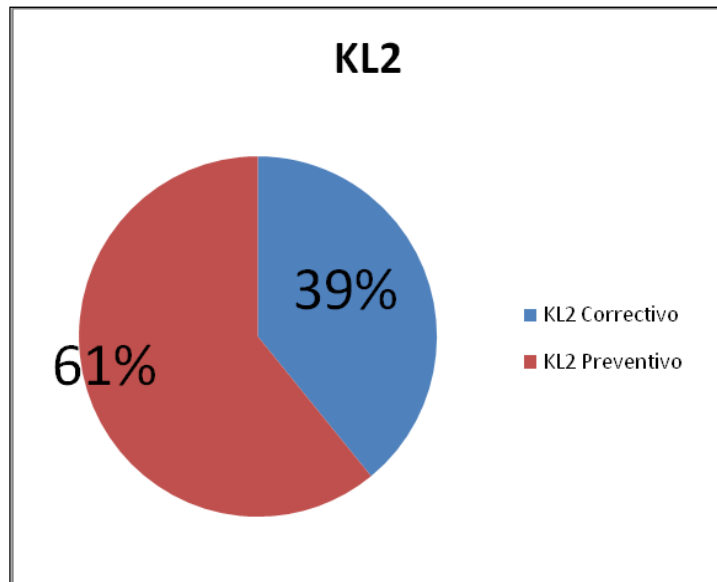
consecuencia de desperfectos mecánicos, la relación actual del mantenimiento se muestra a continuación para cada línea de producción dentro de la empresa.

Figura 22. **Relación actual de mantenimiento línea C-148**



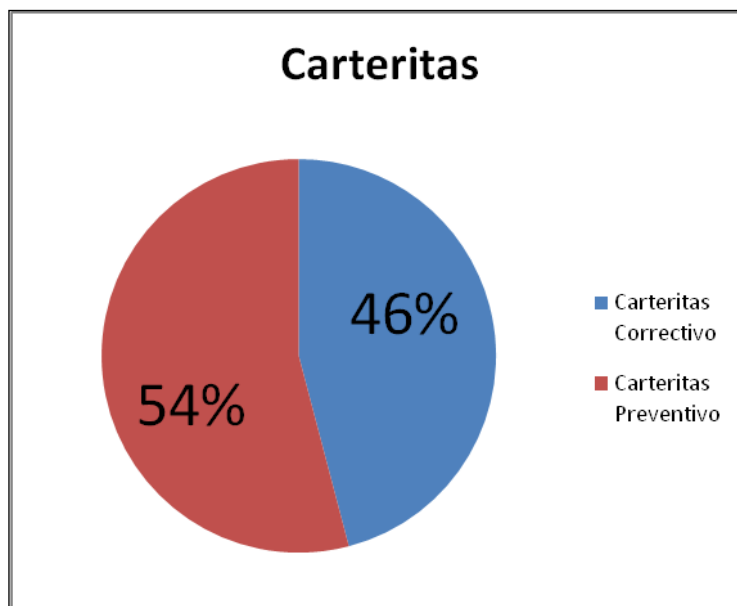
Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

Figura 23. **Relación actual de mantenimiento línea KL-2**



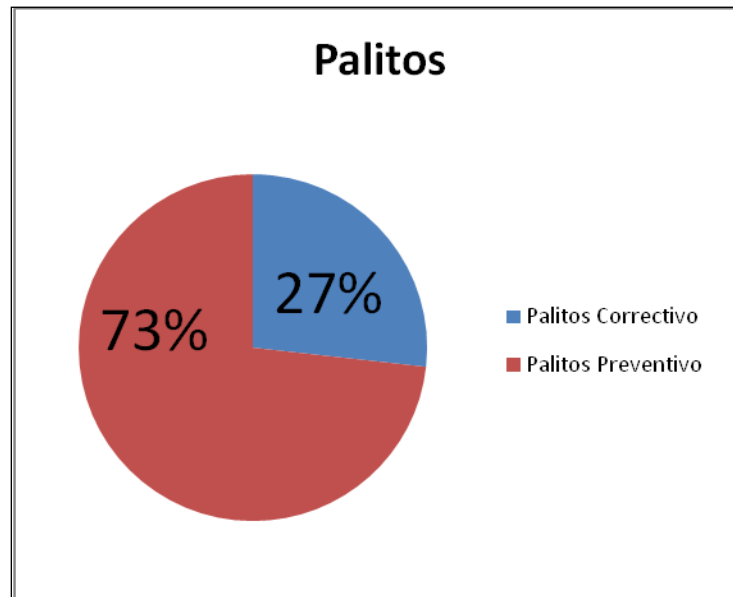
Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

Figura 24. **Relación actual de mantenimiento línea de cartera**



Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

Figura 25. **Relación actual de mantenimiento línea de palitos**



Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

4.4.2. **Materiales**

El software de mantenimiento posee un módulo auxiliar para el registro de los materiales necesarios para la realización de las órdenes de trabajo preventivas o correctivas del equipo de producción, en dicho módulo el usuario puede elegir el tipo de costeo que va a regir el inventario de insumos, este método de costeo puede modificarse de acuerdo a las necesidades del usuario, pudiendo realizarse la modificación desde el catálogo auxiliar de materiales o al realizar el cierre contable anual, los métodos de costeo son: PEPS (primero en entrar, primero en salir), UEPS (último en entrar, primero en salir), y el método de promedio.

En el inventario de refacciones de puede ingresar los datos de los diversos proveedores y productos, ingresando el costo de los insumos los cuales serán cargados a las órdenes de trabajo que se llevarán a cabo cuando el usuario decida generar dichas órdenes, de esta forma se cuantificará el total de costo de materiales directos.

4.4.3. Mano de obra

Una vez se hayan definido las diversas categorías del personal de mantenimiento, se asignarán los recursos de mano de obra a las ordenes de trabajo, para registrar el consumo de horas hombre utilizadas en la realización de una tarea específica de mantenimiento, la información anterior deberá combinarse con los datos del salario de los trabajadores por hora normal y hora extra todo bajo el concepto de mano de obra, para tener un registro real de este costo.

4.4.4. Costos indirectos

Estos costos provienen de los gastos técnicos y administrativos involucrados en el proceso productivo, entre los cuales se pueden mencionar los gastos de gerencia, seguridad, limpieza, supervisión, energía eléctrica, etc. Estos egresos son asignados al Departamento de Mantenimiento como un porcentaje del presupuesto general para producción.

4.4.5. Interpretación de resultados

Analizando los resultados de los cálculos anteriores, se observa como con la implementación del sistema de gestión se busca lograr un ahorro significativo en los costos de reparaciones y reducción de paros lo cual aumentará el

volumen de producción y la disminución del porcentaje de mantenimiento correctivo respecto al preventivo, lo cual implicaría también un ahorro en el costo de repuestos e insumos necesarios para la reparación de fallas, el costo en el que incurre la empresa por tiempo de paro se estima en función de los ritmos de producción y el costo por fardo de producto terminado.

El costo por tiempo de paro se realiza para tres líneas de producción puesto que la línea de palito proporciona material para las líneas KL-2 y C-148, como se mencionó en apartados anteriores el ahorro es de Q150 038, si se alcanzara el 100 % deseado de eficiencia en las tres líneas de producción bajo condiciones ideales.

4.4.6. Relación óptima mantenimiento preventivo y correctivo

Lo que se ha establecido como punto óptimo entre la relación de mantenimiento preventivo y correctivo es de 85 % para el mantenimiento preventivo y el 15 % restante para mantenimiento correctivo, el dato anterior considera aspectos principales de mano de obra, insumos y materiales, es decir que por cada mantenimiento correctivo que se realiza, se debe de hacer aproximadamente 5 mantenimientos preventivos, lo que implica una óptima gestión de insumos, mano de obra y materiales.

4.5. Establecimiento de la base de datos

Con los datos técnicos que se han obtenido y la información que se tiene de las personas quienes dirigen el Departamento de Mantenimiento, es posible establecer la base de datos, unificando toda la información que se ha recopilado y estableciendo los criterios necesarios para que la información sea práctica, detallada y que complementa cada aspecto que se trata.

Con la ayuda de los planos del equipo existentes se puede identificar de forma técnica cada componente de la maquinaria, y con ellos se establecerá la base de datos para todos los equipos de las cuatro líneas de producción existentes, además del área de taller la cual es básica para el mantenimiento preventivo, con lo anterior se cubrirán todas las necesidades del departamento de gestión de mantenimiento y contribuirá al desarrollo efectivo de toma de decisiones disminuyendo el tiempo de respuesta ante cualquier eventualidad.

4.6. Procedimiento para la actualización de información

Una vez se comience con la implementación del sistema de gestión y las órdenes de trabajo sean generadas y entregadas al personal técnico, estos serán los encargados de retroalimentar al sistema con la información respecto a lo que se ha encontrado en el equipo mientras estos desarrollan su función, lo cual permitirá modificar de ser necesario la información o datos que se han establecido al inicio, por ejemplo si al inicio se ha identificado un componente con dos nombres distintos, mientras se realiza la orden de trabajo directamente en el equipo podrá identificarse este error, indicando la corrección y posteriormente se realizará la modificación pertinente.

Cuando un equipo deje de estar activo, se cambie o modifique en su totalidad se podrá eliminar el dato que identifique a este equipo dentro de la base de datos y sustituir la información antigua por la actual, debido a la flexibilidad para modificaciones que ofrece el sistema de gestión.

La estructura de retroalimentación del sistema de gestión se muestra en el siguiente diagrama que representará el flujo de información hasta su retroalimentación.

5. MEJORA CONTINUA

Para que la implementación se realice con éxito es importante que se dé el seguimiento adecuado a cada uno de los aspectos que se han establecido, siendo esta la clave para garantizar que todo se realice de la mejor forma, bajo la filosofía de mejora continua, identificando las causas de un problema y proponiendo soluciones que garanticen la efectividad de la implementación.

Es importante contar con la retroalimentación adecuada ya que esto servirá para alimentar de información al programa aprovechando todos los recursos que el programa posee, incrementando los niveles de rendimiento con una adecuada interpretación de resultados y el uso de las herramientas de análisis.

5.1. Mejora continua

Del seguimiento que se dé a la implementación del programa dependerá el éxito de este, ya que es la única forma de garantizar que lo que se ha planificado se está realizando en el periodo estipulado y que las personas involucradas en el proyecto cumplan las funciones que le fueron asignadas, esto de la mejor forma.

Durante la fase de implementación se involucran diversas áreas dentro de la empresa, lo cual implica que la inversión necesaria para llevar el proyecto a cabo puede constituir un costo considerable, es por ello que se debe asegurar que no existan errores y que cada persona que contribuya en la implementación tenga el compromiso de realizar las actividades de forma eficiente.

Los responsables directos del proyecto son los administradores de la base de datos, estos pueden ser una o dos personas, encargadas de verificar que el programa genere las órdenes de trabajo de acuerdo a la programación que se ha establecido, así como el seguimiento necesario para asegurar que estas órdenes son realizadas efectivamente durante el periodo que se ha estipulado.

5.2. Supervisión del programa

Como se mencionó anteriormente el administrador del programa es el responsable de la supervisión directa de este, lo anterior implica la asignación de responsables quienes realicen las órdenes de trabajo, el control de los insumos requeridos para la ejecución de trabajos, control de inventarios de repuestos con máximos y mínimos, interpretación de resultados provenientes de los gráficos de control, además del seguimiento y alimentación de información del programa realizando modificaciones a este de ser necesarias.

Es importante revisar constantemente el historial de órdenes de trabajo que genera el programa, además de guardar las órdenes impresas que luego de realizarse son entregadas, lo anterior constituye una sólida herramienta como fuente de información para futuras consultas.

Un aspecto importante en la supervisión del programa está en saber identificar los posibles puntos débiles del programa, esto solo se lograra con la retroalimentación que se tenga, como periodos de ejecución, procedimientos de ejecución de trabajos, especificaciones técnicas de ciertos insumos requeridos, entre otros, adicional se debe contar con formatos de control y fechas de emisión de órdenes de trabajo, para identificar de forma rápida el cumplimiento o incumplimiento de las ordenes de trabajo, en forma de cuadro resumen.

5.3. Evaluación de los resultados

Todos los resultados se deberán presentar al final de cada periodo una vez este haya sido establecido por la Gerencia, este debe ser óptimo y eficaz para determinar los puntos débiles que se presentan durante la implementación del sistema y gestión de los recursos asignados al Departamento de Mantenimiento.

Los indicadores que serán evaluados cubren todos los aspectos para realizar un análisis de las situaciones que se han presentado durante la implementación y como afectarán positiva o negativamente los resultados de la implementación, los indicadores fueron expuestos en el capítulo anterior.

Los valores determinados serán comparados con indicadores establecidos por la Gerencia, con el fin de determinar que tan efectiva ha sido la implementación del sistema que busca optimizar todos los recursos proporcionados por la empresa, de igual forma se analizarán los gráficos obtenidos, estos mostrarán la tendencia de efectividad y será posible identificar con mayor precisión las deficiencias en la realización de los trabajos de mantenimiento.

Cada resultado deberá compararse con datos concretos de indicadores y tomar decisiones si estas son necesarias, para erradicar el problema con base en el análisis de datos cuantitativos que se han obtenido, un ejemplo sería la reincidencia de alguna falla, si esta se presenta en numerosas ocasiones indicaría que el trabajo no se ha realizado de forma efectiva, lo anterior se puede erradicar intensificando los esfuerzos de inspección y medidas disciplinarias en el cumplimiento del trabajo asignado.

5.4. Capacitación del personal

El proceso de adiestramiento y desarrollo del personal para ejecutar determinada labor u objetivo se denomina capacitación, y es llevada a cabo por una organización de acuerdo a sus necesidades.

Este aspecto es clave para la ejecución eficiente del programa a implementar, pues se busca el desarrollo de aptitudes y ampliación de conocimientos para el personal, una vez se hayan establecido las metas que desea percibir la organización quien será el ente encargado de ejecutar el programa de capacitación, dicho programa deberá abarcar temas puntuales en función del enfoque que se desee para determinado nivel jerárquico en la empresa, llevado a cabo en los siguientes pasos:

- Evaluación y determinación de las necesidades de la capacitación
- Preparación del programa de capacitación
- Organización de la ejecución del programa de capacitación (logística)
- Evaluación de resultados y seguimiento

Definiendo principalmente los objetivos del programa y su necesidad en la empresa, la estructura de cada una de los módulos que compone el programa y su aplicación, para finalmente unificarlo todo en los resultados.

Las capacitaciones e inducciones planificadas para la implementación del sistema de gestión, están dadas en función del grado de participación que tendrá el personal en la ejecución del sistema y de quienes serán los encargados de analizar los resultados y tomar decisiones, cuando estas sean necesarias, así como la evaluación de la efectividad y del cumplimiento de las personas encargadas de gestionar el programa de mantenimiento.

5.4.1. Capacitación del operador

La persona encargada de operar el programa deberá poseer los conocimientos necesarios y todo lo relacionado al funcionamiento del sistema, y específicamente conocer cada módulo que este posee y su función como parte del sistema de gestión del mantenimiento preventivo.

Para ingresar la base de datos al sistema y construir cada uno de los diversos programas de mantenimiento preventivo para el equipo, debe saber cómo ingresar los datos en los distintos módulos del programa para posteriormente generar los reportes que serán analizados, con el fin de generar planes de acción para erradicar las posibles eventualidades detectadas.

El programa de capacitación se realizará con el fin de aprovechar eficientemente los recursos de que dispone la empresa, y pensando en eso se dividirá por módulos asignando una temporalidad y al final de esto se realizarán evaluaciones con base en los objetivos previamente planteados por la Gerencia, enfocándose en las áreas de dominio de aprendizaje siguientes: cognitivas que se refieren a la memoria de los conocimientos adquiridos, afectiva que modifican las actitudes y motivación de las personas, y el área psicomotriz que se refiere al desarrollo de habilidades motoras y destrezas físicas, esta última depende de las dos áreas anteriores pero, son observables.

5.4.2. Capacitación de mandos medios

Las habilidades que debe poseer la persona en este puesto son diversas, estas abarcan desde el análisis de cada uno de los indicadores y gráficos del programa, hasta el criterio para asignación de responsables a realizar el trabajo

y el seguimiento necesario para velar por el cumplimiento y efectividad de las labores ejecutadas.

Las funciones que tendrá a cargo serán diversas, entre estas, el análisis de la ejecución del programa por parte del operador y la evaluación de los resultados con base en los gráficos que el sistema presenta.

Tanto la capacitación para el operador como para los mandos medios, en principio tendrán la misma temporalidad y contenidos, y conforme estos se vayan desarrollando el enfoque de estos cambiará, ya que para el operario interesa que conozca como ingresar datos y crear la base para el mantenimiento preventivo, mientras que los mandos medios analizarán los resultados y tomarán decisiones respecto al curso de acción ante determinada eventualidad.

Las capacitaciones utilizarán diversas herramientas para su realización, estas se adecuan a los objetivos empresariales, entre estas se encuentran el soporte didáctico, presentaciones, videos demostrativos, exposiciones y todo el material de apoyo necesario, que garantice eficazmente el propósito de la capacitación y que llene las expectativas de los interesados.

La temporalidad y contenido de cada uno de los módulos se divide de acuerdo al volumen de contenidos que estos tienen, con base en estos se ha establecido el periodo de tiempo adecuado, lo anterior se presenta en la siguiente tabla, donde destacan los objetivos que determinarán la efectividad al finalizar la capacitación.

Tabla XIV. **Planificación del programa de capacitación general**

Objetivo	Módulo	Contenido	Metodología	Tiempo
Determinar la finalidad de cada uno de los temas para la asignación de recursos y costos	Catálogo de equipos	Alta de equipos Catálogos auxiliares y centro de costos Anexos, diagramas y tablas	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	10 horas
Comprender los conceptos del plan para su construcción y asociación	Planes de mantenimiento	Concepto de plan Nombre, régimen, partes y subpartes del plan Actividades, frecuencia, especialidad y prioridad Asociar planes y equipos, diagramas, etc.	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	10 horas
Comprender los conceptos para su adecuada aplicación	Librerías	Concepto de librería Importar planes de librerías Armando planes con librerías Exportar planes a librerías	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	8 horas
Comprender teóricamente el mantenimiento para su adecuada planificación y seguimiento	Mantenimiento preventivo	Acerca del manto preventivo Programar manto preventivo Consulta de calendarios de mantenimiento Gráfica de tendencias	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	8 horas
Establecer los periodos óptimos para cada uno de los equipos en el mantenimiento preventivo	Orden de trabajos preventivos	Periodo de órdenes Equipos por atender Pasos para generar una orden Historiales	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	6 horas
Comprender teóricamente el mantenimiento para su adecuada	Mantenimiento correctivo	Acerca del manto correctivo Reportes de fallas	Presentaciones digitales	8 horas

Continuación de la tabla XIV.

Objetivo	Módulo	Contenido	Metodología	Tiempo
Comprender los conceptos para su adecuada aplicación	Orden de trabajos correctivos	Equipos por atender Pasos para generar una orden Historial de correctivos	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	6 horas
Comprender los conceptos para su adecuada aplicación de forma eficiente	Asignación de recursos	Concepto de asignación Catálogos y asignación de materiales y refacciones, mano de obra, servicios externos, herramientas	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	5 horas
Comprender los conceptos para su adecuada aplicación y administración eficiente	Consumo de recursos	Generación de vales Consumo de recursos Historial de consumos	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	6 horas
Comprender los conceptos para su adecuada aplicación y posterior análisis	Reportes y gráficas	Selección de equipos, grupos y centro de costos Configuración de gráficas Exportación de datos Comparativos Historia Gráfica	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	8 horas
Comprender los conceptos para su adecuada aplicación y posterior análisis	Administración de base de datos y usuarios	Bases de datos Seguridad en las bases de datos Utilerías para las bases de datos	Presentaciones digitales Material de apoyo Demostraciones	6 horas

Fuente: elaboración propia.

5.4.3. Inducción para la Alta Gerencia

En el caso de la Alta Gerencia, la inducción en cuanto a contenido no será tan exhaustiva, debido a la objetividad del programa y la aplicación que se le dará, interesa la interpretación de los resultados ya que los gerentes serán los responsables directos de la toma de decisiones.

Deberán conocer los módulos y la función que cada uno ejerce, para consultar datos de ser necesario justificando cada decisión, comparando cada propuesta para determinar la opción más viable.

La temporalidad se reduce puesto que ahora los temas serán más objetivos con contenidos sintéticos, apoyados con el mismo material realizado para las capacitaciones, de esta forma la Gerencia podrá consultar los temas que le interese cuando sea necesario.

La metodología será similar a la utilizada en las capacitaciones, utilizando presentaciones digitales, material de apoyo y demostraciones con contenido sintético abarcando los temas de interés por la Gerencia.

5.4.4. Inducción para los técnicos en informática

En esta inducción interesa el soporte técnico que deberá darse al programa, si existen actualizaciones y la instalación de estas, además de la forma en cómo se pueden sincronizar cada uno de los módulos que trabajan de forma coordinada, siendo la asignación de recursos, el centro de costos y la generación de órdenes de trabajo.

Dada la naturaleza y el tipo de base de datos que maneja el sistema, deberán conocer ampliamente el lenguaje de consulta estructurado o SQL (por sus siglas en inglés), para identificar las diversas operaciones que posee, todo con el fin de prestar un soporte técnico eficiente para poder recuperar de forma efectiva la información, si en algún paso sucediera algún imprevisto durante la utilización y exportación de datos, poder reparar la falla en el menor tiempo posible e informar a la Gerencia sobre mejoras para optimizar el sistema.

CONCLUSIONES

1. Las debilidades del sistema de gestión es la falta de seguimiento de las labores de mantenimiento y la falta de evaluación de los resultados, lo cual afecta la retroalimentación hacia la Gerencia influyendo en la falta de generación de nuevas estrategias de mejora.
2. Para una efectiva medición de los resultados los índices propuestos para el sistema de gestión son: el porcentaje de cumplimiento de tareas, efectividad global del mantenimiento preventivo, disponibilidad del equipo, tiempo de realización y la calidad con la que se ejecutan los mantenimientos.
3. Para que una labor de mantenimiento o inspección se realice de forma eficiente es necesario determinar el tiempo requerido para ésta, con base en el funcionamiento y condición del equipo, disponibilidad, tiempo de trabajo continuo, entre otras variables considerables en la determinación de la frecuencia óptima del mantenimiento preventivo en general.
4. Una labor de mantenimiento se realiza de forma efectiva, si se cuenta con los insumos necesarios para poder ejecutarla, de lo anterior surge la necesidad de tener un control en las entradas y salidas de repuestos e insumos, esto puede controlarse con el módulo de consumos donde se observaran los materiales que han sido necesarios para la realización de determinada labor de mantenimiento.

5. La mejora continua se logra con el seguimiento adecuado y preciso del sistema de gestión, ya que al tener la retroalimentación correcta se pueden tomar decisiones, y cambiar cursos de acción de ser necesarios con base en la planificación y verificación tras la implementación de los aspectos de mejora para el sistema.

6. La forma de determinar cuan efectivo logra ser un proyecto tras su implementación, es analizar los resultados antes de que existiera el sistema, luego se comparan los datos con los resultados obtenidos, teniendo cuidado de considerar los aspectos e índices de medición adecuados, estos deben abarcar los resultados que interesan la Gerencia como: tiempos de respuesta, costos, eficiencia y efectividad de las actividades, entre otros.

RECOMENDACIONES

1. Verificar que cada una de las actividades asignadas de mantenimiento preventivo se realicen de acuerdo a la programación, esto implica dar seguimiento a lo planificado y prestar atención a las sugerencias por parte del personal.
2. Controlar constantemente y con un periodo de tiempo adecuado cada uno de los índices de medición para la efectividad del sistema de gestión, se debe determinar la frecuencia óptima para su revisión para identificar posibles inconvenientes en el tiempo adecuado.
3. Revisar luego de la implementación de las rutinas de mantenimiento, la frecuencia de realización de estas, debido a que pueden darse casos en que sea necesario modificarlas para garantizar su efectividad y que el equipo se encuentre protegido.
4. Dar seguimiento a la realización de las órdenes de trabajo, para establecer una base de datos que contenga los insumos y repuestos más frecuentes que se utilizan, con el fin de contar siempre con existencias, para lo anterior se pueden utilizar criterios y técnicas de inventario para determinar los niveles de reorden y cantidad óptima de pedidos.
5. Realizar reuniones de grupos con el fin de que cada integrante según su nivel de participación en el proceso de implementación del sistema de gestión, aporte sugerencias para seguir mejorando el desarrollo del programa y brindar a estas el apoyo necesario para que se concreten

luego de ser aprobadas y verificar que efectivamente es una oportunidad de mejora.

6. Presentar constantemente los resultados generales de medición y efectividad del sistema a la Gerencia, con el fin de crear el hábito y compromiso de evaluar cada uno de los indicadores luego de obtener los resultados durante cada periodo estipulado.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO AYALA, Derik Estuardo. *Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo por medio de ordenes de trabajo en el área de centrifugas y estudio económico, en el Ingenio Santa Ana, Finca los Cerritos, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 117p.
2. ALVARADO JIMÉNEZ, Ernesto Daniel. *Diseño de programa de mantenimiento para los equipos del area de gases del Hospital General San Juan de Dios de la Ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 144p.
3. ARRIAGA HERRERA, Mardoqueo. *Estudio para el mejoramiento de las líneas auxiliares de producción de carterá y madera para una industria fosforera*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 171p.
4. BECERRA, Fabiana. *Gestión del mantenimiento:mantenimiento mundial*. [en línea]<<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/GestionBecerra.pdf>> [Consulta: 15 de febrero de 2014].

5. BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. *Administración y Logística en la Cadena de Suministro*. En: Logística, enfoque de la logística para dar valor agregado al cliente, marcos de las tecnologías de información. 2a ed. México:McGraw-Hill, 2007. 409p.
6. FUENTES OROZCO, Milton Alexander. *Diseño e implementación de un software de gestión de la conservación industrial (base de datos Microsoft access) enfocado en las diferentes áreas del proceso de la madera, en la planta Efiforest (Eficiencia Forestal) de Diveco S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 91p.
7. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Mantenimiento correctivo, organización y gestión de la reparación de averías*. [en línea]. Colección mantenimiento industrial Vol. 4. Renovetec 2009. <<http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrialvol4correctivo.pdf>>. [Consulta: 15 de octubre de 2012].
8. GRIMALDI-SIMONDS. *Laseguridad industrial su administración*. México Alfaomoga1996. 743 p.
9. MEDRANO ESCOBAR, Edgar. *Teoría de la investigación*. [en línea] Universidad de San Carlos de Guatemala. <<http://es.scribd.com/doc/90405453/1/UNIVERSIDAD-DE-SAN-CARLOS-DE-GUATEMALA-TEORIA-DE-LA-INVESTIGACION>>. [Consulta: 16 de noviembre de 2012].

10. MORGAN SANABRIA, Rolando. *El Plan de investigación*. [en línea].
Compilación Universidad de San Carlos de Guatemala.
<<http://es.scribd.com/doc/12726414/04-Unidad-EI-Plan-de-Investigacion>>. [Consulta: 16 de noviembre de 2012].

ANEXOS

ANEXO 1

Control de préstamo de herramientas y materiales



**PRESTAMO DE HERRAMIENTAS Y
MATERIALES**

NO. _____

FECHA: _____



CANT.	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	ENTREGADO A:	FIRMA	DEVUELTO A:

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

ANEXO 2

Control de salidas de materiales y repuestos



Fosforera
Centroamericana, S.A.

SALIDA DE MATERIALES Y REPUESTOS

NO. _____

FECHA: _____



CÓDIGO	CANT.	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	DESTINO	COD. DESTINO	ENTREGADO A:	RECIBIDO

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

ANEXO 3

Solicitud de compra de insumos y repuestos



SOLICITUD DE COMPRA



NO. _____

DEPARTAMENTO: _____

FECHA: _____

CANT.	UNIDAD MEDIDA	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	USO

OBSERVACIONES: _____

SOLICITANTE SUPERVISOR AUTORIZACIÓN

FIRMA FIRMA FIRMA

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

ANEXO 4

Solicitud de servicios externos



SOLICITUD DE SERVICIOS



NO. _____

FECHA: _____

DEPARTAMENTO: _____ DESTINO: _____

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

POSIBLES PROVEEDORES: _____

OBSERVACIONES: _____

_____	_____	_____
SOLICITANTE	SUPERVISOR	AUTORIZACIÓN
_____	_____	_____
FIRMA	FIRMA	FIRMA

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

ANEXO 5

Ordenes de trabajo de taller de máquinas y herramientas



Solicitud de Trabajo, Taller de Maquinas Herramientas



Nombre: _____ Línea: _____ Código: _____ Fecha: _____ Correlativo: _____

Descripcion de la pieza: _____

DATOS A LLENAR POR EL SOLICITANTE				DATOS A LLENAR POR EL TECNICO MAQUINAS	
Cantidad Piezas Solicitadas?	Bosquejo			Material Solicitado para Fabricar:	
				Tiempo de fabricacion:	
Con que Material se fabrica?				Maquinas Utilizadas:	
				DATOS A LLENAR POR BODEGA	
				Es Reparacion o Fabricacion?	
				Codigo del Producto:	
Observaciones:					

Solicitá: _____ Fabricá: _____

Autorizá: _____ Aceptá: _____

Fuente: Fosforera Centroamericana, S.A.

