



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

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO
PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S. A.**

Gerardín Estuardo Gómez Rodas

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, febrero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO
PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GERARDÍN ESTUARDO GÓMEZ RODAS

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
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. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Julio César Urquizú Rodas
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:

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de septiembre 2012.


Gerardín Estuardo Gómez Rodas



Guatemala, 10 de febrero de 2014.
REF.EPS.DOC.209.02.14.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

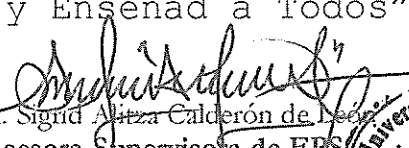
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Gerardín Estuardo Gómez Rodas**, Carné No. **200412440** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S.A..**

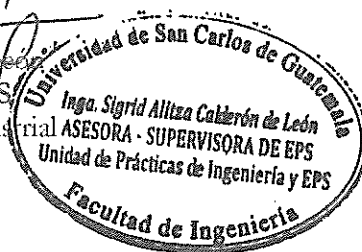
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Alltza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 10 de febrero de 2014.
REF.EPS.D.66.02.14

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

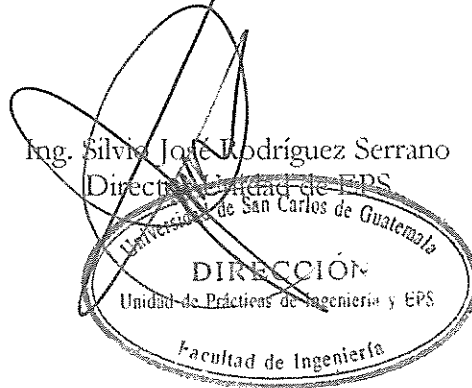
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Gerardín Estuardo Gómez Rodas** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director General de EPS



SJRS/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gerardín Estuardo Gómez Rodas**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático/Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



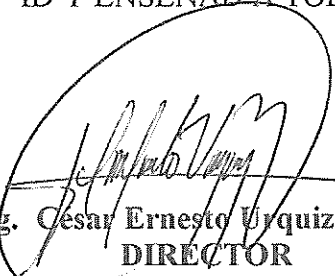
Guatemala, febrero de 2014.


/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 **DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Gerardín Estuardo Gómez Rodas**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, enero de 2015.

/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: **DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Gerardin Estuardo Gomez Rodas** 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 Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme bendiciones y fortaleza para salir adelante en cada momento difícil y sabiduría en los momentos de éxito.
- Mis padres** Iris Rodas y Gerardin Gomez, por sus enseñanzas y su apoyo incondicional durante toda mi vida, y en especial durante mi carrera, este triunfo es de ustedes.
- Mi hermana** Celia Gómez, por sus palabras, apoyo, y por ser el mejor ejemplo que pude tener.
- Mis primos** Gerardin Ardany Gomez, por ser más que un apoyo en la carrera. Eddy Gomez, por tener siempre palabras motivadoras.
- Lucía Cartagena** Por darme fuerzas para seguir adelante, por su inagotable amor y apoyo durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mí casa durante los años de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos adquiridos durante la carrera.
Inga. Sigrid Calderón	Por la dedicación, tiempo y paciencia en la revisión de este trabajo.
Marlin Towers S. A.	Por el tiempo, colaboración y apoyo para la realización de esta investigación.
Mis amigos	Rene y Samuel Valiente, Raul Huertas, Mauricio Monroy, Ismael Ardón, Renato Contreras, por los momentos vividos, amistad y por el estar siempre al pendiente.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Información general de la empresa.....	1
1.2. Descripción de la empresa.....	1
1.3. Justificación de la empresa.....	2
1.4. Planeación estratégica de la empresa Marlin Towers.....	3
1.4.1. Misión.....	3
1.4.2. Visión.....	3
1.4.3. Valores.....	3
1.4.4. Política de calidad.....	4
1.5. Estructura organizacional de la empresa.....	4
1.6. Recurso humano.....	7
1.7. Instalaciones.....	8
1.8. Política de calidad.....	8
1.9. Localización.....	8
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	11
2.1. Diagnóstico situacional de la empresa.....	11
2.1.1. Análisis del estado del equipo.....	12
2.1.2. Análisis del área del equipo industrial.....	14
2.1.3. Control del mantenimiento actual.....	15
2.2. Mantenimiento utilizado actualmente en la empresa.....	16

2.2.1.	El mantenimiento preventivo.....	16
2.2.2.	El mantenimiento correctivo.....	16
2.3.	Problemática de la empresa.....	17
2.4.	Procedimiento de mantenimiento actual.....	22
2.5.	Descripción del equipo.....	25
2.5.1.	Guillotina Pacific.....	25
2.5.2.	Máquina P-51.....	26
2.5.3.	Máquina HP 12-T4.....	27
2.5.4.	Sierra de Banda marca Dayton.....	27
2.5.5.	Soldadora Millermatic 252.....	28
2.5.6.	Soldadora marca Delta Fab.....	28
	2.5.6.1. Modos y efectos de falla en los equipos.....	29
2.6.	Propuesta de programación general de mantenimiento predictivo.....	35
2.6.1.	Hoja de control de modos de falla.....	43
2.6.2.	Herramientas necesarias para hacer un mantenimiento.....	45
2.7.	Propuesta de programación de mantenimiento preventivo....	51
2.7.1.	Propuesta de hoja de registro de maquinaria.....	51
2.7.2.	Descripción de actividades de mantenimiento preventivo.....	52
2.8.	Plan estratégico de mantenimiento preventivo.....	56
2.8.1.	Misión.....	56
2.8.2.	Visión.....	56
2.8.3.	Objetivos.....	57
2.8.4.	Plan de acción.....	57
2.8.5.	Solicitud de repuestos.....	63
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN	
3.1.	Diagnóstico.....	65
3.1.1.	Evaluación de las instalaciones.....	65

3.1.2.	Determinación del tiempo de uso de las máquinas.....	70
3.2.	Propuesta de plan de ahorro en el consumo energético.....	71
3.2.1.	Consumo y ahorro energético.....	71
3.2.2.	Propuestas de ahorro energético.....	76
4.	FASE DE DOCENCIA	
4.1.	Diagnóstico de la necesidad de capacitación.....	79
4.2.	Planificación de la capacitación.....	82
4.2.1.	Objetivos.....	82
4.2.2.	Misión.....	82
4.2.3.	Visión.....	82
4.2.4.	Plan de acción.....	83
4.2.5.	Documentación.....	84
4.3.	Evaluación de la capacitación.....	91
4.3.1.	Aprendizaje.....	93
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama nominal de la empresa Marlin Towers S. A.....	5
2.	Ubicación de la empresa Marlin Towers S. A.....	9
3.	Trabajadores puliendo material en la planta Marlin Towers S. A.....	12
4.	Terracería en los alrededores de la nave de producción.....	13
5.	Medición de corriente en contactores y terminales.....	17
6.	Diagrama de Ishikawa de la empresa Marlin Towers S. A.....	18
7.	Cables mal empalmados y en mal estado.....	20
8.	Tomacorriente de 220 voltios en mal estado.....	21
9.	Normas y objetivos del procedimiento.....	22
10.	Descripción del procedimiento.....	23
11.	Flujograma.....	24
12.	Falla en pistón hidráulico.....	30
13.	Revisión de las válvulas hidráulicas.....	32
14.	Ventilador de soldadora Delta Fab.....	33
15.	Cadenas y resortes de Guillotina Pacific.....	36
16.	Cojinetes, ejes y resortes de máquina HP12T4.....	37
17.	Piñones y cadenas.....	38
18.	Hoja de inspección propuesta para el mantenimiento predictivo de la maquinaria de la empresa Marlin Towers.....	41
19.	Hoja propuesta para el registro de fallas.....	44
20.	Partes de las máquinas con poca accesibilidad e iluminación.....	45
21.	Tornillos para llave hexagonal.....	46

22.	Tornillos para llave hexagonal y para llave de corona o cola.....	47
23.	Hoja de registro propuesta.....	52
24.	Formato propuesto de solicitud de repuestos	64
25.	Medidor de energía de la empresa Marlin Towers S.A.....	66
26.	Operadores en hora de almuerzo en las cercanías de la P51 y sucedida en la planta	67
27.	Diagrama de Ishikawa, alto consumo de energía	69
28.	Corte en angulares	75
29.	Diagrama de Pareto, diagnóstico de capacitación	81
30.	Formato propuesto para orden de trabajo de mantenimiento	85
31.	Tipo de grasa a utilizar en P51	86
32.	Cuchillas de la máquina HP12T4	87
33.	Codificación de soldadoras Millermatic 252	88
34.	Codificación de sierras Dayton	89
35.	Codificación de soldadoras Delta Fab	90
36.	Engrase y ajuste de piezas	92
37.	Capacitación del uso y cuidados de maquinaria.....	95
38.	Capacitación del personal de la empresa Marlin Towers S.A.....	96

TABLAS

I.	Modos y efectos de falla observados en la maquinaria.....	29
II.	Lubricantes que se utilizan en los equipos.....	34
III.	Análisis de aceite propuesto para mantenimiento predictivo.....	42
IV.	Propuesta de programación de análisis de aceite.....	42
V.	Propuesta de herramienta para realizar actividades de mantenimiento.....	48

VI.	Programación de mantenimiento de máquina Guillotina Pacífic.....	58
VII.	Programación de mantenimiento de máquina P51.....	59
VIII.	Programación de mantenimiento de soldadoras Millermatic 252..	60
IX.	Programación de mantenimiento de máquina HP 12T4.....	61
X.	Programación de mantenimiento de soldadora Delta Fab.....	62
XI.	Tiempo de operación y tiempos muertos de los equipos.....	71
XII.	Potencia de las máquinas.....	73
XIII.	Potencia total de los equipos.....	74
XIV.	Kilowatts-hora consumidos por las máquinas.....	74
XV.	Consumo de energía.....	75
XVI.	Cronograma de actividades de capacitación de personal.....	84
XVII.	Codificación de los equipos.....	89

GLOSARIO

Acumulador	Es un tubo de acero con tapas, con un separador de fases (nitrógeno-aceite hidráulico), que almacena fluido a presión para auxiliar al circuito hidráulico, por medio de un gas inerte.
Corriente de salida	Medida en amperios, es la corriente que puede producir una máquina en un ciclo de trabajo.
Estoperos	Es el alojamiento de la empaquetadura que sella el vástago de comando de la válvula.
Inserto	Pieza generalmente de carburo de tungsteno, que se adhiere a la broca, lo que permite perforar a mayor velocidad y que ocurra un menor desgaste en esta.
Punzonado	Operación mecánica que consigue separar una parte metálica de otra obteniéndose una figura determinada.
Tomografía	Es una técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico, utilizando cámaras termográficas se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la empresa Marlin Towers S. A., ubicada en el municipio de Palín, departamento de Escuintla, el cual tiene como objetivo fundamental presentar soluciones y herramientas necesarias para realizar actividades de mantenimiento a los equipos, específicamente en mantenimiento predictivo y preventivo.

La importancia de un programa de mantenimiento en cualquier empresa, radica que en la disponibilidad de maquinaria que afecta tanto en fabricación de los productos, como debido a que no se está constantemente inspeccionando o realizando cualquier otra actividad que mantenga su desempeño, aumentando la probabilidad de fallo al momento de que se esté utilizando el equipo. Por tanto por medio de inspecciones, análisis constantes, y un programa de mantenimiento, asegura el funcionamiento de las máquinas, manteniéndolas en buen estado y prolongando su vida útil.

La segunda etapa de este trabajo, consiste en la realización de una propuesta de ahorro energético, en el que la empresa tenga un gasto no visualizado. Para la cual, se observa detenidamente la utilización del equipo, y el tiempo en que estos se mantienen encendidos sin utilizarlos, con lo que se obtiene el consumo total de estas en un tiempo determinado, con lo que se dará una propuesta final.

La tercera etapa consiste en la capacitación el personal involucrado en las máquinas industriales, en los aspectos a inspeccionar y registros a llevar.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un programa de mantenimiento predictivo y preventivo para la empresa Marlin Towers S. A. para garantizar la disponibilidad y prolongar la vida útil de la maquinaria.

Específicos

1. Diagnosticar la maquinaria industrial de la empresa.
2. Realizar formatos de inspección para determinar las condiciones de los equipos.
3. Clasificar las falla de cada una de las máquinas.
4. Diseñar un plan de capacitación para los operadores en el mantenimiento de las máquinas y su uso correcto.
5. Establecer un plan de ahorro energético para beneficio de la empresa y del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo propuesto tiene como fin garantizar la disponibilidad de la maquinaria industrial en la planta de producción de la empresa Marlin Towers S. A., por medio del desarrollo de un programa de mantenimiento predictivo y preventivo, apoyado con hojas de inspección, ordenes de trabajo, y registro de fallas, con la finalidad de obtener registro del historial de fallas, para futuras reparaciones de las máquinas.

En el capítulo uno se presenta la información general de la empresa, la que se muestra la misión y visión de la organización, así como las actividades a la que se dedica la empresa, ubicación, cantidad de empleados, su estructura organizacional, entre otros.

El capítulo dos comprende la fase de servicio técnico profesional, que consiste en determinar los problemas a los que se enfrenta la empresa respecto a la falta de un programa de mantenimiento que garantice la disponibilidad de las máquinas, por lo que se plantea una propuesta sobre un mantenimiento predictivo y preventivo, con lo que ha de analizar cada una de las actividades necesarias en cada una de las máquinas para poder planificarlo de manera adecuada y que este sea efectivo.

En el capítulo tres se muestra la fase de investigación, en el que se propone un plan de ahorro energético, dentro de la planta de producción, a modo que las máquinas se mantengan encendidas solamente lo necesario, obteniendo un ahorro económico.

El capítulo cuatro presenta la fase de enseñanza-aprendizaje, en donde se demuestra las capacitaciones que se le dio al personal dentro de la empresa, sobre cómo utilizar la maquinaria, mantenimiento de las mismas, así como el uso de las órdenes de trabajo, así como dar a conocer el programa de mantenimiento los interesados.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1. Información general de la empresa

A continuación se describe la empresa que es objeto de estudio, con una reseña histórica, así como información relevante.

Nombre Marlin Towers S. A.

Tipo Empresa privada

1.2. Descripción de la empresa

Marlin Towers es una empresa asociada a Multiperfiles, empresa reconocida por su innovación tecnológica y alta calidad en sus procesos, productos y servicios.

Multiperfiles inició operaciones en 1987 con la comercialización de productos de acero. Tres años más tarde, la compañía amplió su capacidad de producción con la fabricación de tubos industriales. Esto marcó el comienzo de un desarrollo continuo de productos y servicios, por ejemplo: variedad en tuberías industriales, mallas para hormigón y barras de refuerzo de acero, cortes de sección en los servicios longitudinal y transversal del segmento, así como el plegado de chapa de acero. Multiperfiles ha participado en importantes proyectos de infraestructura en Guatemala y Centroamérica, donde grandes cantidades de acero han sido requeridos. La compañía utiliza materiales de

primera calidad producidos en la región y ofrece productos según las necesidades específicas de sus clientes.

Marlin Towers se enfoca en satisfacer las demandas de sus clientes con innovación en el diseño, mejorar continua de procesos, utilizando el mejor recurso humano para el diseño y fabricación de torres. Está orientada a ser el líder regional en el diseño y manufactura de torres, ofreciendo a los clientes soluciones a la medida en el tema de las comunicaciones, energía, iluminación y el transporte.

1.3. Justificación de la empresa

Con la necesidad de que la empresa Marlin Towers tenga las máquinas en buen estado y reducir a cero defectos o desperfectos de las máquinas, el programa de mantenimiento para los equipos vendría a ser de gran ayuda para la empresa.

El programa de mantenimiento predictivo, sería una herramienta de aplicación sencilla pero de gran utilidad, ya que se harían análisis a lubricantes que son utilizados en cada uno de los equipos, en especial los equipos hidráulicos, ya que por la naturaleza del trabajo, el aceite tiende a degradarse.

En el caso del mantenimiento preventivo, como su nombre lo indica, es una de las formas más eficaces de prevenir fallas, ya que se puede anticipar a ciertas anomalías o irregularidades de la máquina, calendarizando las actividades correspondientes para reajustar la máquina a sus óptimas condiciones.

Para la empresa es de gran importancia estas dos herramientas, porque permite que las máquinas tengan los repuestos e insumos en el tiempo que se realice cada una de las actividades de mantenimiento, reduciendo tiempo en reparaciones, además de reducir el tiempo muerto de cada uno de los equipos en la planta, garantizando calidad en los productos.

1.4. Planeación estratégica de la empresa Marlin Towers

Marlin Towers cuenta con una planeación estratégica, la cual se describe a continuación:

1.4.1. Misión

“Marlin Towers se compromete a brindar a sus clientes a nivel regional en Latinoamérica, un servicio altamente especializado en el desarrollo y fabricación de estructuras galvanizadas por inmersión en caliente, para el sector eléctrico y telecomunicaciones, con estándares de calidad y eficiencia que satisfagan las necesidad de nuestros clientes y reflejen nuestro compromiso al mejoramiento continuo en busca de la excelencia”.

1.4.2. Visión

“Posicionar a Marlin Towers de manera tal, que le permita competir en cualquier mercado del mundo, superando los requisitos de los clientes y asegurando una mejora continua en los resultados”.

1.4.3. Valores

“Honestidad, liderazgo, esfuerzo, laboriosidad, iniciativa, sencillez y austeridad”.

1.4.4. Política de calidad

“Se manifiesta mediante el firme compromiso de la empresa con los clientes de satisfacer plenamente sus requerimientos mediante el suministro de torres y subestaciones metálicas con acabado galvanizado por inmersión en caliente, para ello garantizamos impulsar una cultura de calidad basada en valores, creatividad e innovación desarrollo organizacional y seguridad en nuestras operaciones, mediante el proceso de mejora continua”.

1.5. Estructura organizacional de la empresa

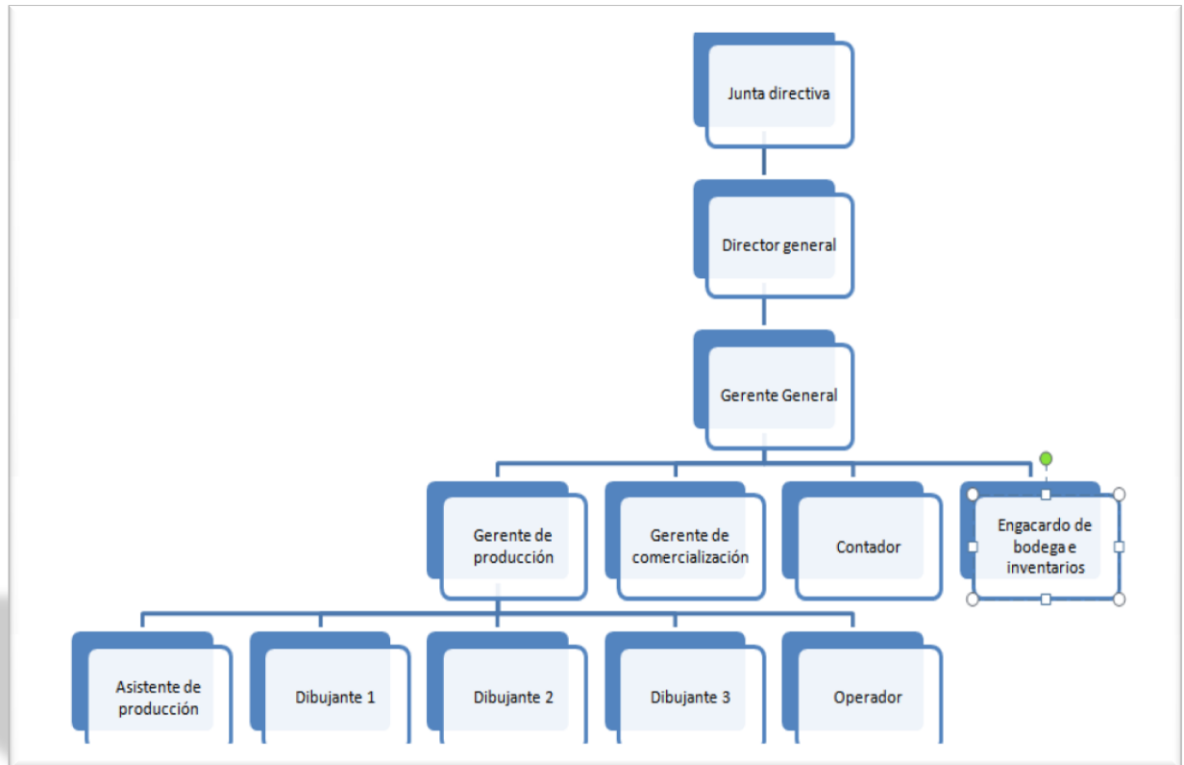
A continuación se presenta el organigrama de la empresa Marlin Towers S. A. Según se observa en la figura 1, Marlin Towers tiene una estructura organizacional por funciones o por departamentos, ya se designa un área de trabajo determinada, sobre la cual se tiene autoridad sobre el desempeño de actividades específicas.

Según se observa en la figura 1, Marlin Towers tiene una estructura organizacional por departamentos, ya se designa un área de trabajo determinada, sobre la cual se tiene autoridad sobre el desempeño de actividades específicas.

Cada departamento tiene un conjunto de actividades específicas y rutinarias y la toma de decisiones sigue una cadena de mando, además de existir una jerarquía y en cada departamento existe un especialista.

Se basa en la estandarización de reglamentos formalizados.

Figura 1. **Organigrama nominal de la empresa Marlin Towers S. A.**



Fuente: empresa Marlin Towers, 2010.

Estos departamentos se basan según su función, ya que por medio de este agrupamiento de funciones, se contribuye de una mejor forma al cumplimiento de los objetivos de la organización. Entre las ventajas que se obtienen al tener este tipo de organización son las siguientes:

- Mantiene el poder y el prestigio de las funciones principales.
- Simplifica la capacitación.
- Cuando hay una exigencia de producto o servicio de calidad superior, la departamentalización funcional, en teoría garantiza el máximo de utilización de las habilidades técnicas actualizadas de las personas.
- Hace énfasis en las funciones principales de la empresa.

- Permite agrupar a los especialistas bajo jefatura única.

Las desventajas de que este organigrama son:

- Reduce la coordinación entre funciones.
- Dificulta la adaptación y flexibilidad a cambios externos, debido al enfoque cerrado de la departamentalización funcional casi no percibe ni visualiza lo que sucede fuera de la organización.
- Limita el desarrollo de gerentes generales.
- La responsabilidad de las utilidades se encuentra solo en la alta Gerencia.
- Disminuye el interés por los objetivos generales de la compañía.

La empresa Marlin Towers cuenta con una junta directiva conformada por los dueños del grupo Multiperfiles, y está encargada de la toma de decisiones en cuanto a planificación estratégica, producción y compra de maquinaria.

El gerente general tiene como funciones: planificar, organizar, dirigir, controlar, coordinar, analizar, calcular y deducir el trabajo de la empresa, además de contratar al personal adecuado, efectuando esto durante la jornada de trabajo.

En cuanto al gerente de producción, es encargado de administrar los recursos de la planta y materiales en bodega de procuraduría, para cumplir a cabalidad con los compromisos de calidad y tiempos de entrega pactados por los clientes. Asimismo, deberá optimizar los recursos y facilitar para la productividad de la planta se incremente, deberá monitorear los costos de mano de obra y de los insumos para el correcto registro y control de costos de los mismo.

El contador asegura la emisión de presupuestos de inversión, gastos y servicios administrativos, llevando a cabo un estricto control de los mismos, proponiendo en su caso estrategias que permitan la optimización de los recursos y mejorando la rentabilidad de la unidad de negocios.

El encargado de bodega, es responsable de conocer las especificaciones de materiales y productos a comercializar, deberá mantener las transacciones entre inventarios a cabalidad y según la normativa del sistema Visual. Es responsable de verificar el suministro oportuno y a cabalidad de lo necesario en cada actividad por departamento.

1.6. Recurso humano

- **Turnos de trabajo**

La empresa cuenta con la posibilidad de tener dos turnos de trabajo, trabajando en la jornada diurna 9 horas de lunes a jueves, y viernes 8 horas para completar las 44 horas de dicha jornada, y también un turno de noche de 6 horas diarias para tener 36 horas de dicha jornada. Además se cuenta con la posibilidad de horas extras, para poder entregar el producto final a tiempo.

- **Empleados**

La empresa actualmente cuenta con 51 empleados dentro de la planta de producción, entre los que están operadores, supervisores, ayudantes y también con 25 personas en el área administrativa, con lo que el total de empleados en toda la empresa es de 76.

- **Mobiliario y equipo**

La empresa además de la maquinaria de la planta de producción, cuenta con computadoras de gran capacidad, debido a que deben desarrollar modelos de los productos, además con equipo de oficina que facilita cualquiera de los trámites necesarios para que la empresa sea eficiente.

1.7. Instalaciones

La planta de producción consta de 2 bodegas de 18 metros de ancho por 84 metros de largo y de 7 metros de altura, lo que permite tener un área de trabajo adecuada para cada una de las máquinas, así como libre movimiento de las personas que entran a la planta. Además, la empresa cuenta con un espacio similar a estas naves en el que tiene contemplado construir la tercera fase de la planta de producción, pero dicho espacio está siendo usado para almacenamiento de materia prima.

1.8. Política de calidad

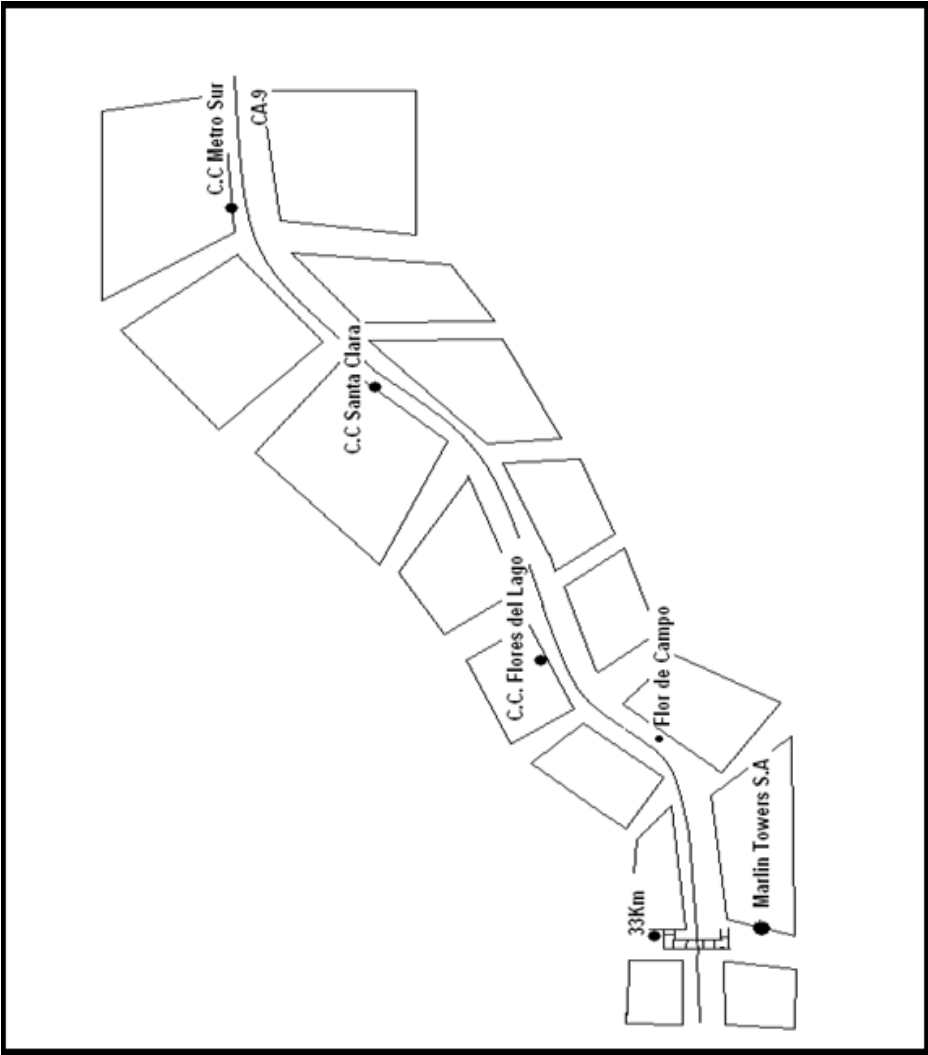
“Satisfacer plenamente los requerimientos del cliente mediante el suministro de torres y subestaciones metálicas con acabado galvanizado por inmersión en caliente, para ello garantizar e impulsar una cultura de calidad basada en valores, creatividad e innovación, desarrollo organizacional, y seguridad en nuestras operaciones, mediante un proceso de mejora continua”.

1.9. Localización

La empresa Marlin Towers S. A. se encuentra ubicada en el kilómetro 33 carretera CA-9 Sur (carretera al Pacífico), frente a la empresa Multiperfiles.

A continuación se presenta un croquis de la ubicación de la empresa, la cual se accede transitando por una de las vías más importantes que conducen hacia la ciudad capital y al sur del país.

Figura 2. **Ubicación de la empresa Marlin Towers S. A.**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diagnóstico situacional de la empresa

De acuerdo con los datos recopilados en el trabajo de campo, utilizando el método de observación y entrevistas se determinó que según el organigrama de la empresa, claramente se demuestra que no cuentan con un Departamento de Mantenimiento, por lo que al momento de que se presentara una falla en una de las máquinas, la empresa no está preparada para repararla. De acuerdo con las entrevistas a los directivos de la empresa objeto de estudio, ésta tiene dos años de fundación, se priorizó en la inversión de maquinaria e infraestructura, por lo que la organización de la empresa, no atendió la necesidad de tener un Departamento de Mantenimiento que se ocupará de hacerle servicios a los equipos. Así como la infraestructura se encuentra desatendida, en el caso de mala instalación eléctrica pone en peligro al personal dentro de la planta.

Debido a esto, el personal de producción se veía en la necesidad de buscar los repuestos, así como de localizar al mecánico, y empresas que realizan trabajos de reparación de piezas.

En cuanto a los repuestos y debido a la naturaleza de las máquinas, muchos de los mismos deben ser importados, lo que en ocasiones provoca el retraso en la reparación de los equipos, lo que hacía que la producción se detuviera.

No disponía de un mecánico que atendiera los equipos durante el día, por lo que las fallas se acumulaban hasta que el mecánico externo las resuelva.

Los operadores realizaban actividades de limpieza de la máquina a su cargo, pero esto solo incluye la suciedad en la superficie del equipo, no ocupándose del motor, así como sensores y otros mecanismos.

2.1.1. Análisis del estado del equipo

El equipo industrial dentro de la planta se encontraba en estado descuidado, normalmente afectado por el polvo metálico producido por el área de pulido y todo tipo de soldadura, además de que el viento trae consigo tierra el cual se adhiere a partes de la máquina que tienen grasa o partes de difícil acceso, lo que hace complicado removerlo.

**Figura 3. Trabajadores puliendo material en la planta
Marlin Towers S. A.**



Fuente: Marlin Towers, 2012.

La figura muestra a dos personas puliendo angulares. Al realizar esta actividad en las cercanías de las máquinas, hace que el polvillo metálico producido por esta acción se adhiera a la superficie de estas, produciendo suciedad e incluso hasta dañando cilindros hidráulicos.

Figura 4. **Terracería en los alrededores de la nave de producción**



Fuente: Marlin Towers, 2012.

En la figura anterior, se observan las afueras de la nave de producción, la cual es de tierra y al haber viento esta ingresa a dicha nave, ensuciando así también a las máquinas.

La frecuencia de mantenimiento de las máquinas era demasiada extensa, debido a que el mecánico llegaba a atender las necesidades por las cuales fue llamado, por lo que daba prioridad a las máquinas que podían hacer parar la producción. Normalmente esta persona realizaba un mantenimiento correctivo, debido a las fallas que se acumulaban durante la semana, y debido al trabajo al que son sometidas las máquinas, estas presentan siempre desgaste en ciertas aéreas, como lo eran cables sueltos o gastados, que podrían provocar algún daño a la máquina o peor aun a los empleados, ya que se trabaja con 440 voltios en gran parte de la planta.

Esta falta de atención a la maquinaria llegaría a un punto en el que se afecte o se acorte la vida útil de la máquina, o existan fallas no previstas en un futuro, con mayor frecuencia, recurriendo en un mayor costo de mantenimiento.

Uno de los problemas más grandes son los repuestos de las máquinas, ya que debido a que no existe alguien que se ocupe del mantenimiento de las máquinas dentro de la empresa, estos tardaban más tiempo del previsto en ser importados debido a el país de fabricación de las máquinas, en la mayoría de las veces el mayor de los atrasos se da en la aduana. O en todo caso, dependiendo de que si la máquina puede trabajar aun si esta tenga la pieza en mal estado, los repuestos no se compraban debido a que existen otras emergencias que atender y se posponía la compra de estos, quedando muchas veces la máquina en estado delicado debido a que la reparación que se le hace no es la adecuada.

2.1.2. Análisis del área del equipo industrial

Según se expande la empresa Marlin Towers S. A. el área de trabajo de las máquinas, el espacio se amplía según las necesidades. El equipo que

mayor suciedad produce son las máquinas soldadoras, debido a la escoria que hace tanto el electrodo como el micro alambre, según sea el área de trabajo.

El resto de máquinas como las punzonadoras, producen un polvo como resultado del perforado de placas y angulares. Este polvo metálico se adhiere a la superficie de la máquina, o a partes en donde esta requiera grasa o aceite, haciendo más difícil la limpieza al operador o al personal de mantenimiento.

La nave de producción se encuentra rodeada de un terreno, el cual sumado al viento, hace que las máquinas se ensucien con más facilidad, debido a que los accesos a dicha planta se encuentran abiertos, ya que es necesaria la ventilación.

2.1.3. Control del mantenimiento actual

Debido a que la empresa no cuenta con un departamento en donde se lleve la administración del mantenimiento, no es de su conocimiento los tipos de mantenimiento que se le hacen a las máquinas, además de no conocer el estado de las éstas. El mecánico externo tiene un pequeño programa de mantenimiento, el que detalla las frecuencias de las actividades preventivas para los distintos equipos. El problema es que esa frecuencia de mantenimiento se hace demasiado extensa, descuidando las máquinas debido a la acumulación de reparaciones.

Además de esto, dicha persona lleva una hoja de control, en el que anota las fechas en que va realizando el mantenimiento preventivo a cualquiera de los equipos que atiende durante su asistencia a la empresa. Aproximadamente atiende de 4 a 6 máquinas soldadoras por día debido a que tiene que atender otras emergencias, llevándose entre tres a cuatro días en hacerle mantenimiento preventivo. Dichas cantidades se realizarían si el mecánico

externo se dedicara únicamente a las máquinas soldadoras, situación que rara vez pasa, debido a que realiza actividades correctivas.

2.2. Mantenimiento utilizado actualmente en la empresa

La empresa utiliza dos tipos de mantenimiento que son:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

2.2.1. El mantenimiento preventivo

La empresa utiliza este tipo de mantenimiento, debido a que no se cuenta con un mecánico dentro de la empresa, por lo que esta se debe preparar ante las posibles fallas que se puedan dar durante la semana, a modo que la producción no se detenga.

2.2.2. El mantenimiento correctivo

En Marlin Towers también se aplica este tipo de mantenimiento, y consiste en reparar todas las fallas que normalmente ocasionan un paro de producción inesperado.

Dependiendo de la gravedad de la falla así como la facilidad de conseguir los repuestos, así será el tiempo en que la máquina estará sin trabajar. La mayoría de fallas de elementos eléctricos son realizadas por el mecánico, no así con los elementos mecánicos ya que los repuestos son de importación.

En la siguiente figura se muestra una persona tomando la medida de un contactor, ya que la falla de alguno puede provocar daño en los fusibles, así como tarjetas en electrónicas.

La constante medición de partes eléctricas y electrónicas en las máquinas permite determinar elementos defectuosos, así como problemas en la energía de alimentación.

Figura 5. **Medición de corriente en contactores y terminales**



Fuente: mediciones eléctricas, www.gbelectricidad.com

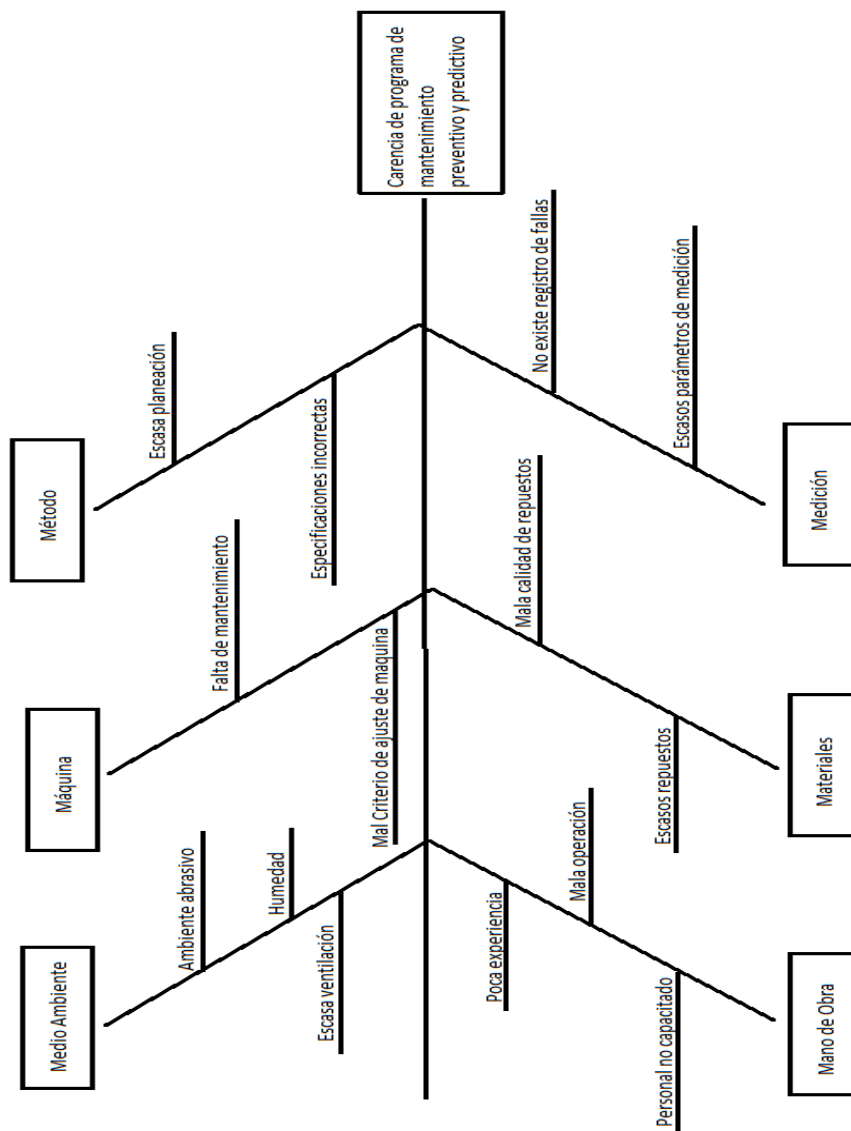
2.3. Problemática de la empresa

La reducción de la disponibilidad de la maquinaria, radica en 4 causas básicas que son:

- Materiales
- Mano de obra
- Medio ambiente
- Método

Cada una de estas se amplían en el siguiente diagrama de Ishikawa.

Figura 6. Diagrama de Ishikawa de la empresa Marlin Towers S. A.



Fuente: elaboración propia, 2012.

En la figura anterior se puede observar que uno de los mayores inconvenientes que presenta la empresa, es que no tiene personal capacitado dedicado a realizar mantenimiento a la maquinaria. Otro problema grave es que la empresa no cuenta con un Departamento de Mantenimiento, el cual pueda coordinar las actividades de mantenimiento junto con su respectivo personal (ver sección 2).

Al realizar un análisis en la Planta de Producción se determinó que uno de los mayores problemas es la falta de documentación, se pudo observar que muchos de los manuales de la maquinaria se encontraban en mal estado, así como en lugares inadecuados (área de proveeduría). Ante alguna falla también se pudo observar que se debe esperar a que el mecánico externo llegue a la empresa y realizar un análisis de la situación del equipo, si el problema no se puede determinar a simple vista, el mecánico tiene que buscar los respectivos manuales de la máquina para determinar las posibles causas de la falla, lo cual hace que disminuya la disponibilidad de esta. Adicionalmente el ambiente que rodea la maquinaria es un factor importante en su funcionamiento, ya que no existe la suficiente ventilación para extraer gases contaminantes y rebabas de las piezas, lo que ocasiona que las máquinas acumulen suciedad rápidamente.

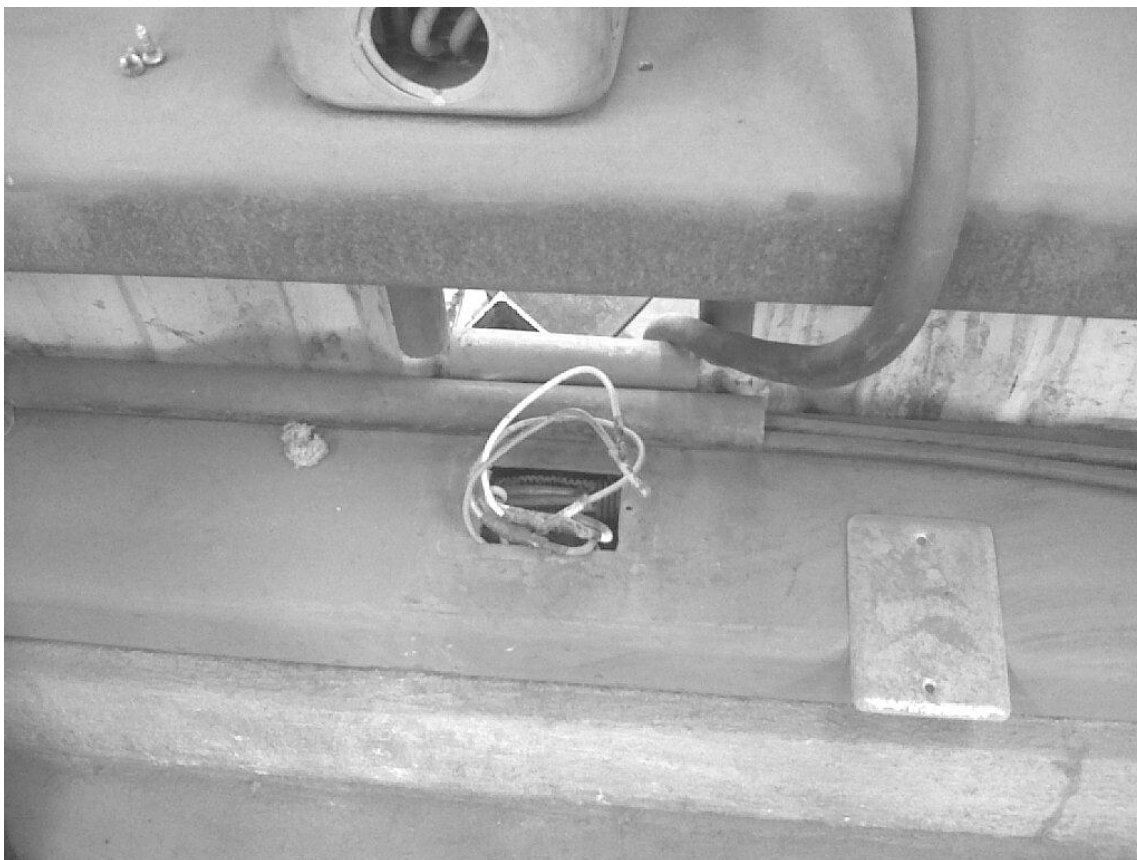
Según lo observado durante las visitas del mecánico externo, la mayoría de actividades que se realizan son de carácter correctivo, reduciendo a una mínima parte el mantenimiento preventivo.

Lo que corresponde a mantenimiento correctivo, se refiere a que las fallas se dejan acumular durante toda la semana, siendo atendidas hasta que el mecánico externo llegue a la empresa a realizar dichas actividades.

Entre las actividades más comunes se encuentran:

- Reparación de tomacorriente
- Limpieza de máquinas soldadoras
- Limpieza externa de máquinas industriales (P51, guillotina, etc.)
- Reparación o cambio de contactores y fusibles de máquinas industriales
- Reemplazo de cables dañados de las instalaciones eléctricas
- Cambio de tenazas de soldadoras

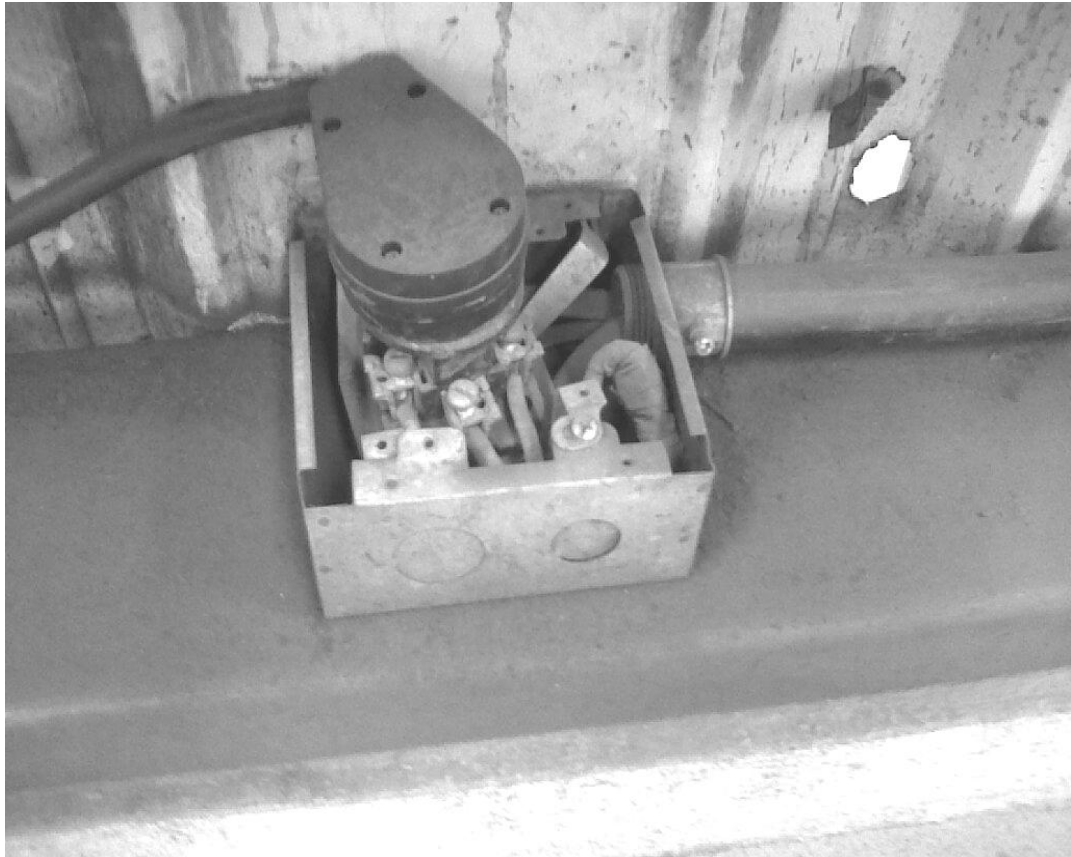
Figura 7. **Cables mal empalmados y en mal estado**



Fuente: área de soldadura, 2012.

En la figura anterior, se puede observar mala instalación eléctrica o falta de mantenimiento, en donde se han quitado los tomacorrientes y se han dejado los cables al descubierto.

Figura 8. **Tomacorriente de 220 voltios en mal estado**



Fuente: área de soldadura, 2012.

El poco mantenimiento a accesorios eléctricos, puede ocasionar accidentes o incendios, en la figura 8 se muestra la inseguridad en accesorios eléctricos.

Al aplicar únicamente mantenimiento correctivo, se corre el riesgo que la máquina vaya reduciendo su vida útil, ya que una falla leve no atendida, puede llevar a una falla grave que puede dañar partes costosas o irreparables.

La empresa no realiza actividades de mantenimiento predictivo, ya que no cuenta con equipo ni personal para realizarlo.

2.4. Procedimiento de mantenimiento actual

A continuación se presenta el procedimiento que se utiliza actualmente en la empresa.

Figura 9. Normas y objetivos del procedimiento

- **TITULO DEL PROCEDIMIENTO**
 - PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA MARLIN TOWERS S. A.
- **OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL PROCEDIMIENTO**
 - Describir el procedimiento usado actualmente en la empresa para realizar mantenimiento a la maquinaria.
 - Archivar el procedimiento para mejora continua.
- **NORMAS ESPECIFICAS**
 - El encargado del mantenimiento, es el único capacitado para hacer reparaciones de tipo hidráulico, neumático y mecanico-electrico.
 - El gerente de operaciones es la persona encargada de importar la pieza de recambio, o tercerizar su fabricación localmente.
 - El mecánico es el encargado de dar la información correcta del repuesto a comprar para reparar la máquina.
 - El seguimiento de la máquina reparada es realizado por el mecánico y por el gerente de operaciones.

Fuente: elaboración propia, 2012.

El procedimiento cuenta con un diagrama el cual describe cada una de las actividades que se realizan, el cual se muestra a continuación:

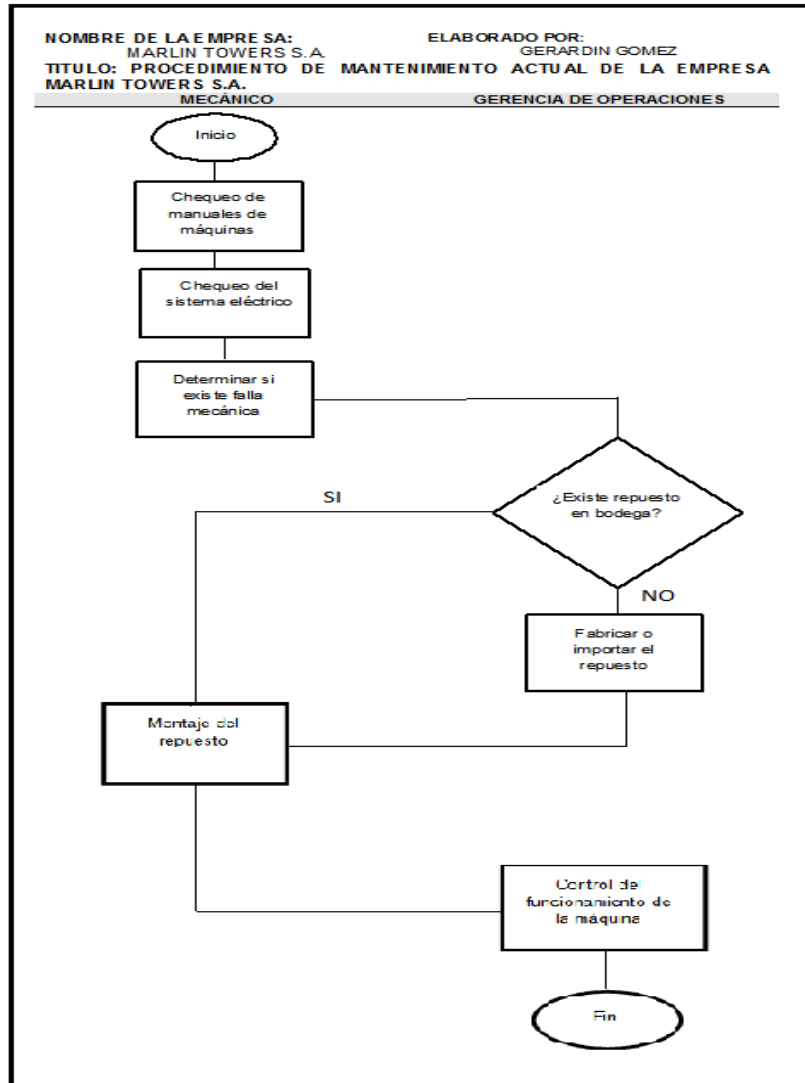
Figura 10. Descripción del procedimiento

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO			
NOMBRE DE LA EMPRESA: MARLIN TOWERS S. A. PALIN, ESCUINTLA			
TITULO DEL PROCEDIMIENTO: PROCEDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL			
HOJA No.			
INICIA: MECÁNICO		TERMINA: MECÁNICO, G. DE OPERACIONES	
DEPARTAMENTO	RESPONSABLE	PASO No.	ACTIVIDAD
MANTENIMIENTO	MECÁNICO	1	Chequeo de la máquina para saber por donde atacar el problema
	MECÁNICO	2	Lectura de los manuales eléctricos y de mantenimiento para buscar soluciones a problemas
	MECÁNICO	3	Chequeo del sistema eléctrico para determinar fallas de este tipo.
	MECÁNICO	4	Determinar el tipo de falla (eléctrica o mecánica)
GERENCIA DE OPERACIONES	GERENTE DE OPERACIONES	5	Revisión de bodega sobre la existencia del repuesto, si no existiera este se importa o se manda a fabricar
GERENCIA DE OPERACIONES	MECÁNICO	6	Montaje y reemplazo del repuesto
	MECÁNICO, G DE OPERACIONES	7	Inspección del funcionamiento del repuesto y de la máquina

Fuente: elaboración propia, 2013.

El diagrama anterior muestra de forma detallada las actividades realizadas al momento de presentarse una falla, así como el responsable de dicha actividad.

Figura 11. Flujograma



Fuente: elaboración propia, 2013.

El diagrama anterior muestra la secuencia de actividades que se realizan en la planta al momento de presentarse una falla en una de las máquinas, en el que Gerencia de Operaciones se encarga de contactar a los proveedores para conseguir el repuesto, dicha actividad debería ser realizada por una persona encargada del Departamento de Mantenimiento.

Para el diagrama de flujo anterior, se utilizó la simbología ANSI, ya que se acomoda mejor a la situación del mantenimiento preventivo actual.

2.5. Descripción del equipo

A continuación se describen cada uno de los equipos que tiene la empresa Marlin Towers S. A.

2.5.1. Guillotina Pacific

Descripción general. Máquina hidráulica cuya función es cortar lámina, ya sea que se requiera en forma de placas o en forma de fajas, según la necesidad del proyecto. Esta máquina puede cortar lámina de hasta 10 pies de longitud en un espesor de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Cuenta con dos cuchillas 1 $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor, 5 $\frac{1}{2}$ pulgadas de ancho y 142 $\frac{1}{12}$ pulgadas de longitud y dos cuchillas con el mismo ancho pero con longitud de 126 $\frac{1}{2}$ pulgadas. Estas deben tener la inclinación adecuada según sea el espesor de la lámina a modo de realizar un corte de calidad, este corte es similar al que realizan las tijeras con el papel.

Para que la lámina no se levante o se pandee durante el corte, la guillotina cuenta con una serie de pisadores (que también son hidráulicos), que presionan la lámina antes que las cuchillas realicen el corte, lo que permite un corte recto.

Estos pisadores cuentan con un temporizador dentro del panel eléctrico en el que se le puede graduar a cuánto tiempo después de que se activen los pisadores, las cuchillas hagan el corte. Las cuchillas son accionadas por dos cilindros hidráulicos que se encuentran en los extremos superiores, los cuales por medio de la presión que ejerce el aceite hidráulico, estos bajan las dos cuchillas superiores, pasando a aproximadamente 1 mm de las cuchillas fijas inferiores, con lo que se produce un corte de lámina. Esta máquina tiene una

serie de válvulas en su parte superior, que permite que el circuito hidráulico se cierre.

2.5.2. Máquina P-51

Descripción general. Esta máquina que en su mayor parte es hidráulica, se especializa en lo que es la perforación de placas. Esta operación la realiza en dos formas según sea el espesor de la placa, una es por medio del punzonado los cuales por medio de la presión hidráulica realiza un agujero según la forma del punzón. La P51 cuenta con 3 punzones montados en un dispositivo múltiple seleccionado por un cilindro.

La otra manera en que la máquina opera es por medio del taladrado, el cual se realiza normalmente con brocas de $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$ y $1 \frac{1}{8}$ pulgadas, pero a este tipo de brocas se les adhiere un elemento llamado inserto, el cual está hecho de una material más resistente, por lo que puede perforar agujeros de mayor tamaño a mayor velocidad sin que la broca pierda el filo.

Para evitar calentamiento y que el inserto se quemé, la P51 tiene un atomizador cerca de la broca el cual despidé un refrigerante de base de aceite por medio de aire comprimido, que al pasar por dicho atomizador sale en forma de gas y baña la broca evitando que aumente de temperatura y aumentando la vida útil de todo el elemento de perforación.

Esta máquina es manejada por medio de un programa CNC, en el que los encargados del diseño de las piezas realizan un programa el cual por medio de un dispositivo de almacenamiento masivo USB, se le traslada a la máquina y ésta opera según sea el programa, realizando agujeros exactos donde se necesitan.

2.5.3. Máquina HP 12-T4

Descripción general: esta es una máquina hidráulica que corta y perfora angulares por medio del punzonado. Tiene capacidad de hacer estos procesos en espesores no mayores a ½ pulgada y 6 pulgadas de longitud del angular. La operación de esta máquina se divide en dos partes, una de las cuales es la pinza, cuya función es la de agarrar el angular y moverlo a la posición en donde se desea el marcaje, el corte y el punzonado. Esta pinza se acciona con aire comprimido, lo cual con la presión de este sostiene el angular en un extremo con la fuerza suficiente para poder moverlo a lo largo de 12 metros que tiene de carrera dicha pinza.

La otra operación de la máquina es el punzonado, el cual se da por medio de cuatro canguros que sostienen un punzón cada uno, los cuales se activan según sea la necesidad de la pieza y presionando el angular, realizando agujeros redondos, ovalados o de la forma del punzón. El corte se realiza por medio de cuchillas (al igual que la guillotina) que se accionan por medio de un cilindro hidráulico que hace bajar las cuchillas superiores cortando el angular al pasar a una distancia de aproximadamente de 1 mm de las cuchillas inferiores.

2.5.4. Sierra de Banda marca Dayton

Es una máquina eléctrica la cual tiene como función principal el corte de tubería y vigas u. La capacidad de dicha máquina es para un diámetro de tubería de 8 pulgadas, tardándose aproximadamente 8 minutos por corte en este diámetro. La sierra es una banda sin fin, la que permite un corte continuo, permitiendo que se gradúe tanto la velocidad de avance así como la velocidad de la sierra, y la tensión de la misma, logrando así un corte de mayor calidad. Esta máquina está hecha para cortar varios tipos de materiales, como lo son: plástico y aluminio.

La vida útil de la sierra depende del material que se esté utilizando así como de la velocidad. La tensión adecuada de la sierra se da cuando al pasar un dedo sobre ella, se escuche un sonido similar al de una cuerda de una guitarra acústica.

2.5.5. Soldadora Millermatic 252

Este tipo de soldadoras, también llamadas mig, utilizan el proceso del arco de soldadura, que produce bajo un gas protector con un electrodo consumible. Este electrodo tiene un alambre que se encuentra en un carrete, lo que permite una soldadura continua. El gas protector (CO₂) permite aislar el electrodo de la atmósfera. Una de las mayores ventajas que da este tipo de soldadura es que permite depositar gran cantidad de metal a una alta velocidad, siendo de gran utilidad en espesores pequeños. Se pueden utilizar dos tipos de alambre, uno es del tipo sólido y el otro es tubular. En la empresa se utiliza el alambre tubular ya que aumenta la eficiencia de la soldadura en un 80 a 95 %.

2.5.6. Soldadora marca Delta Fab

Esta soldadora, también una soldadora MIG, se diferencia de otras ya que esta tiene una entrada de voltaje de 440 voltios trifásica. Su ventaja respecto a la soldadora Millermatic 252, es que la primera proporciona una mayor velocidad de alimentación de alambre, lo que permite soldar a mayor velocidad. Además permite un control de voltaje remoto, teniendo una protección contra sobrecargas.

Sus ventajas son:

- Cuenta con una placa de circuito cerrado proporciona una protección adicional mediante la eliminación de los contaminantes que provocan el fallo prematuro de los componentes.
- Espárragos de materiales específicos de salida proporcionan la flexibilidad necesaria para producir las características óptimas para el arco de aluminio, acero inoxidable y otros materiales.

Sus especificaciones son las siguientes:

- Conexión de entrada: trifásica
- Rango de voltaje de salida: 10-45 voltios
- Rango de amperaje de salida: 375-450 amperios
- Peso Neto: 173 Kg

2.5.6.1 Modos y efectos de falla en los equipos

A continuación se presentan los distintos modos de falla observados durante el desarrollo del programa de EPS.

Tabla I. **Modos y efectos de falla observados en la maquinaria**

Máquina	Método Utilizado	Modo de Falla
P51	Observación visual	Desgaste abrasivo
P51	Observación visual, temperatura	Fatiga
HP12T4	Observación visual	Corrosión
HP12T4	Observación Visual	Desgaste
Guillotina Pacific	Observación visual	Corrosión
Delta Fab	Temperatura	Fatiga

Fuente: elaboración propia, 2012.

- Máquina P51. Presentó fallas en los cojinetes, provocando un aumento de ruido en el tornillo sin fin que moviliza la mesa. El cojinete presentaba un desgaste por abrasión que pudo haberse originado por alguna partícula extraña que haya penetrado el cello del cojinete, haciendo que se desprenda material de la rueda guía. La canasta que sirven para sostener las bolas del cojinete presenta fractura, lo cual fue causado por excesiva vibración o una mala lubricación.

Además se presentó una falla en un cilindro hidráulico que acciona las garras que sostienen la pieza. Debido a la fatiga presentó una quebradura en el eje, paralizando la máquina, por lo que se tuvo que hacer un injerto en dicho eje a modo que este eje quedará del mismo tamaño y no afectara las coordenadas de la máquina.

Figura 12. **Falla en pistón hidráulico**



Fuente: área de máquinas, 2012.

En la figura anterior se muestra la falla que se encontró en un pistón hidráulico, el cual se fractura por el constante impacto recibido al poner la pieza a 90°.

- Máquina HP 12T4. Presentó falla en área de la marcadora de letras, haciendo que el angular salga sin alguna identificación, realizando únicamente acciones de corte y punzonado.
 - Problemas. Debido a que un sensor se encontraba con corrosión y este no se activaba lo que hacía que dicho cilindro no ejecutará su acción. Esto daba como resultado que la bomba hidráulica se desactivara por medio de una señal de error.

Otro de los problemas que se dio, fue que la pinza no era capaz de agarrar el angular de 1/8" de espesor. Esto se debió a que la pinza presentaba desgaste en sus puntas. Esta es la parte que tiene contacto directo con el material a trabajar y el aire comprimido activa la pinza de golpe lo que provoca el desgaste. Esta tiene punta cónica la cual estaba redonda de dicho desgaste.

- Máquina guillotina marca Pacific: esta máquina presentaba un problema respecto a la inclinación de las cuchillas. El problema radica en que el tensor que sostiene y da inclinación a las cuchillas, se encontraba con excesiva corrosión, lo que no permitía dar toda la inclinación necesaria para dar un corte de calidad. Esto provoca que uno de los cilindros se llene de aire, el cual tiene que ser extraído de forma manual desde la parte superior de la máquina.
 - Problemática. Se encuentra en las electroválvulas ya que el devanado de estas se encuentra corroído, lo que impide que estas se

magnetice y activen el paso de aceite hidráulico para los distintos elementos de la guillotina.

Como se observa a continuación en la siguiente figura, se realizó la revisión a las válvulas hidráulicas.

Figura 13. **Revisión de las válvulas hidráulicas**

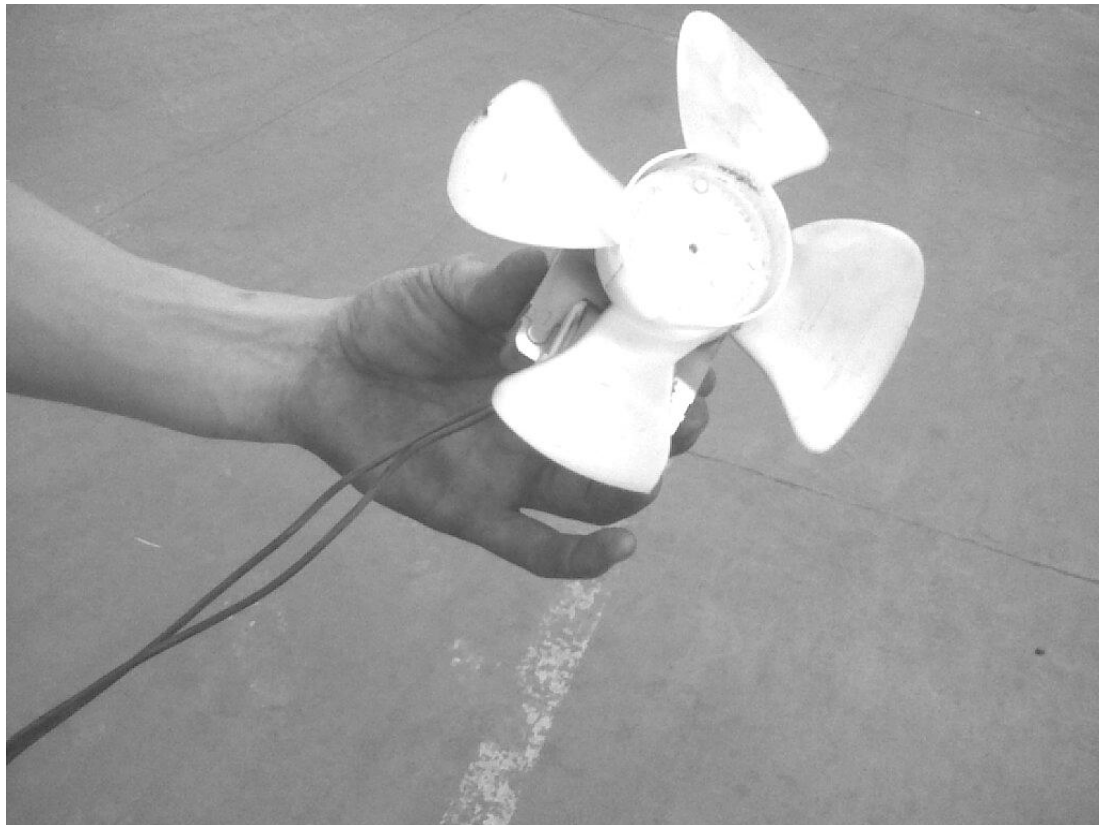


Fuente: área de máquinas, guillotina Pacific, 2012.

- Máquina Millermatic 252: el mayor problema que una de las Millermatic presentó, fue que al momento de soldar, únicamente soldaba 20 segundos, produciéndose un cordón de soldadura pequeño para el trabajo que se necesitaba. Esto se debió a que existía una mala programación en la máquina haciéndola que solo soldara durante ese tiempo.

- Máquina Delta Fab: una de las fallas de las Delta Fab era que presentaban sobrecalentamiento en el chasis de la máquina, lo que es un comportamiento anormal. Al inspeccionarla se determinó que el ventilador tenía la bobina dañada, debido a un descontrol de temperatura. Por lo que se optó por reemplazarlo resolviendo el problema de calentamiento.

Figura 14. **Ventilador de soldadora Delta Fab**



Fuente: área de soldadura, máquina Millermatic 252, 2012.

- Listado de lubricantes utilizados en los equipos

A continuación se presenta en la siguiente tabla, el listado de lubricantes que utilizan las máquinas, así como el tipo de lubricante, esto se

especifica para que sea utilizado el lubricante correcto para cada tipo utilización.

Tabla II. **Lubricantes que se utilizan en los equipos**

Maquina	Lubricante	Tipo
Guillotina Pacific	Mobilux EP1	Grasa
Guillotina Pacific	Hidralub 46	Aceite hidráulico
P51	Tellus 22	Aceite refrigerante
P51	Tellus 32	Aceite hidráulico
P51	Alvania EP2	Grasa
HP12T4	Tellus 32	Aceite hidráulico
HP12T4	Alvania EP2	Grasa
Sierras Dayton	Engralub EP	Aceite

Fuente: elaboración propia, 2012.

Este listado de lubricantes se obtuvo como el resultado de la lectura de los manuales de operación y mantenimiento de cada una de las máquinas. El fabricante aconseja estos lubricantes con el fin de evitar el mayor desgaste en los mecanismos en movimiento y así prolongar la vida útil de la máquina.

Las máquinas P51 y la HP12T4 utilizan los mismos tipos de aceite y grasa debido a que son fabricadas por la misma empresa, facilitando la adquisición de dichos lubricantes.

En el caso de los aceites y grasas, tienen como fin proteger, lubricar y reducir la temperatura, así como evitar la corrosión y desgaste.

Los aceites hidráulicos, contienen aditivos que mejoran el índice de viscosidad y su comportamiento respecto a la temperatura, así como evitan hacer lodos y obstruir filtros y ductos.

Conocer esto le permite al encargado del mantenimiento, utilizar el lubricante adecuado para cada tipo de trabajo en las máquinas, permitiendo que las piezas se mantengan en una temperatura aceptable, y el desgaste sea mayor, aumentando la vida útil de los elementos mecánicos.

2.6. Propuesta de programación general del mantenimiento predictivo

Para determinar los parámetros que se tomarán en cuenta en el mantenimiento predictivo, es necesario el estudio detallado de los diagramas de partes incluidos en los manuales de mantenimiento y operación.

Además es necesaria la observación minuciosa del funcionamiento de cada una de las máquinas, así como su comportamiento y su esfuerzo realizado cuando esta se encuentre en operación.

Esta observación se utilizará para realizar una hoja de inspección, las siguientes figuras detallan algunos de los mecanismos más importantes de las máquinas.

La siguiente figura muestra la parte que está sometida a tensión en la máquina Guillotina, además de ser expuesto a impacto, es el porqué del resorte, es cual ayuda a un movimiento más suave y eficiente.

Una limpieza adecuada así como su lubricación es de suma importancia para que el resorte haga un trabajo adecuado.

Figura 15. **Cadenas y resortes de Guillotina Pacific**



Fuente: área de máquinas, guillotina Pacific, 2012.

Dicho resorte se ajusta por medio de una tuerca, la cual le da el ajuste necesario para que este pueda comprimirse lo suficiente y los cilindros hidráulicos no reciban golpes.

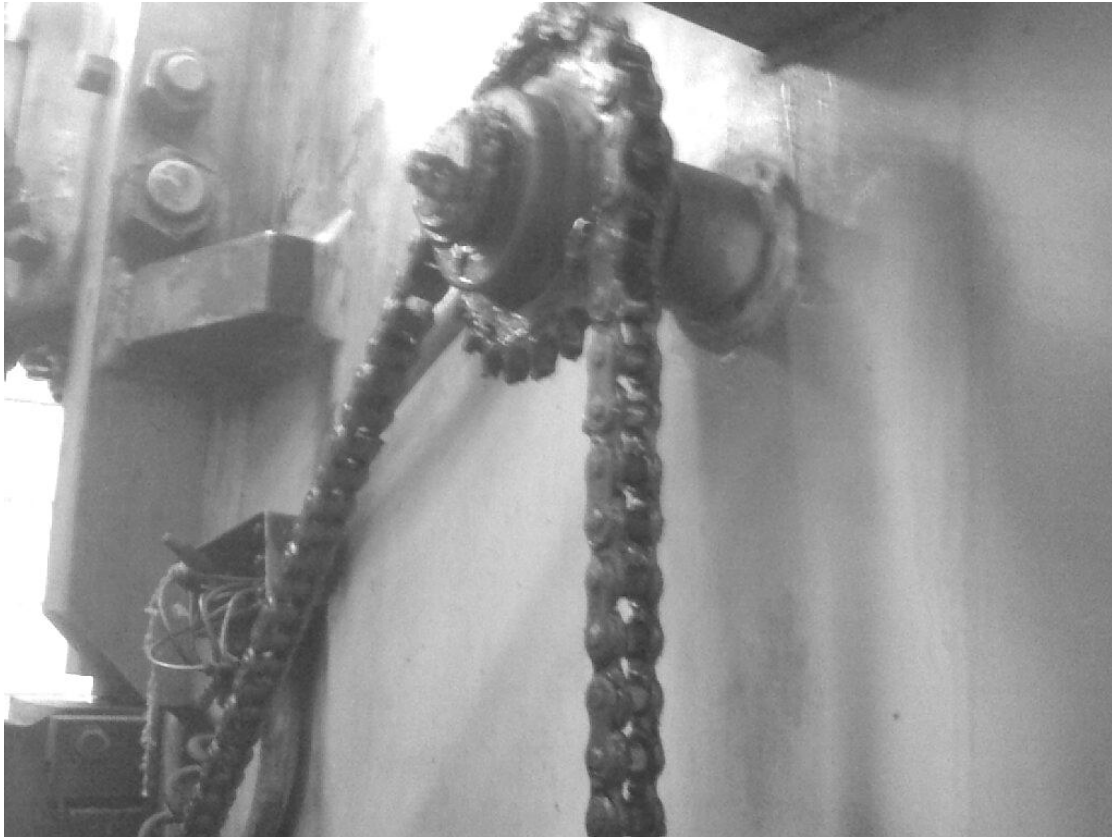
Figura 16. **Cojinetes, ejes y resortes de máquina HP12T4**



Fuente: área de máquinas, 2012.

La figura anterior se muestra dos cojinetes los cuales sostienen el angular en la máquina HP12T4, amortiguando el golpe que ocurre al momento de perforado o marcado, además de que ayudan a facilitar el deslizamiento del material.

Figura 17. **Piñones y cadenas**



Fuente: área de máquinas, guillotina Pacific, 2012.

En esta figura se muestra una de las dos cadenas utilizadas en la Guillotina Pacific, las cuales sostienen el peso de las cuchillas que cortan la lámina. Estas son sometidas a altas tensiones además de sostener gran peso.

Estas figuras muestran partes a considerar en el mantenimiento preventivo o predictivo según sea el caso, las cuales no están incluidas en los manuales de operación.

- De acuerdo a esto se realizó un listado de los elementos mecánicos que deberán ser tomados en cuenta para realizar el mantenimiento, (como los mostrados en las figuras anteriores). Este listado se hará general para todas las máquinas, se describen a continuación:
 - Encendido y apagado
 - Piñones, engranes y cadenas
 - Estoperos y sellos mecánicos
 - Lubricación
 - Válvulas y cheques
 - Ruedas y rodos
 - Acoples
 - Poleas y fajas
 - Fugas en tuberías y mangueras
 - Filtros de aire y aceite
 - Vibraciones y ruidos
 - Limpieza general
 - Temperatura
 - Cojinetes y rodamientos
 - Ejes
 - Ventilación
 - Retenedores de aceite
 - Guías y Rieles
 - Cilindros
 - Pinzas y cuchillas
 - Cables y Tensores

Todos estos parámetros se generalizan para todas las máquinas, ya que cubren los mecanismos de cada una de ellas y fueron tomados de los

respectivos manuales de mantenimiento y operación a modo de unificar los parámetros.


Existen varias operaciones que se pueden realizar en el mantenimiento, pero todas requieren de una inversión grande para la empresa. Por lo que se utilizaron las herramientas con las cuales se pueden optar. Una de las cuales son las inspecciones, en las que se evaluarán cada uno de los parámetros anteriormente listados.

- Para realizar dicho mantenimiento se utilizará un formato de hoja de inspección, en el cual se cubre cada aspecto importante de la maquinaria y en el cual se podrá anotar observaciones adicionales que serán de ayuda en la aplicación de dicho mantenimiento.

Se utilizó un único formato, a modo de unificar todas las partes y no tener varios formatos, ya que esto haría que se gastara mas hojas, así como confundiría al personal, porque tendrían que buscar el formato para la máquina que se quisiera inspeccionar.

Dicho formato de inspección deberá ser realizado semanalmente en cada máquina, a modo de identificar posibles fallas o elementos con mayor probabilidad de fallas. Ya identificados dichos elementos, se programará el paro de la máquina, o en todo caso se cambiará al momento que a la máquina se le programe el mantenimiento preventivo a modo de no sumar un paro más de producción; esto dependiendo de la situación del elemento mecánico.

Figura 18. Hoja de inspección propuesta para el mantenimiento predictivo de la maquinaria de la empresa Marlin Towers



HOJA DE INSPECCIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Fecha: _____
 Maquina: _____ Código: _____

Actividad	Inspección	Observaciones
Encendido y apagado	<input type="checkbox"/>	_____
Piñones, engranes y cadenas	<input type="checkbox"/>	_____
Lubricación	<input type="checkbox"/>	_____
Válvulas Cheque	<input type="checkbox"/>	_____
Ruedas y Rodos	<input type="checkbox"/>	_____
Acoples	<input type="checkbox"/>	_____
Ruedas y Fajas	<input type="checkbox"/>	_____
Fugas en tubería y mangueras	<input type="checkbox"/>	_____
Filtros de aire y aceite	<input type="checkbox"/>	_____
Vibraciones y ruido	<input type="checkbox"/>	_____
Limpeza general	<input type="checkbox"/>	_____
Temperatura	<input type="checkbox"/>	_____
Cojinetes y rodamientos	<input type="checkbox"/>	_____
Ejes ventilación	<input type="checkbox"/>	_____
Retenedores de aceite	<input type="checkbox"/>	_____
Gulas y rieles	<input type="checkbox"/>	_____
Cilindros	<input type="checkbox"/>	_____
Pinzas y cuchillas	<input type="checkbox"/>	_____

Fuente: elaboración propia, 2012.

- Otra de las actividades que se deberá realizar ya que el proveedor da dicho servicio, es el análisis de aceite, con el que toman una pequeña muestra de aceite, y analizan, suciedad, unión de moléculas, viscosidad, presencia de agua, entre otros. Por lo que la programación del mantenimiento predictivo quedaría de la siguiente forma:

Tabla III. **Análisis de aceite propuesto para mantenimiento predictivo**

Máquina	Frecuencia de Inspección	Frecuencia de Análisis de Aceite
P51	Semanal	6 meses
HP12T4	Semanal	6 meses
Guillotina Pacific	Semanal	
Sierra de banda Dayton	Quincenal	6 meses
Millermatic 252	Mensual	-----
Delta Fab	Mensual	-----

Fuente: elaboración propia, 2012.

A continuación se presenta la calendarización de dichos análisis de aceite para las máquinas analizadas:

Tabla IV. **Propuesta de programación de análisis de aceite**

MÁQUINA	MES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P51												
HP12T4												
Guillotina Pacific												
Sierra de banda Dayton												
Millermatic 252												
Delta Fab												

Fuente: elaboración propia, 2012.

Por medio de esta programación se espera que se tenga un control sobre el estado del aceite hidráulico en cada una de las máquinas y así prolongar la vida de este, y que la máquina trabaje con un aceite en buen estado y por lo tanto en buenas condiciones.

2.6.1. Hoja de control de modos de falla

Para determinar la frecuencia de fallas y los modos de falla de cada una de las máquinas, la empresa no cuenta con dichos registros por lo que es necesario un formato en el que se anoten los sucesos que hacen que la máquina sea reparada o el motivo por el cual la máquina no puede trabajar, el servirá para hacer un análisis del elemento de falla, además de sus causas, así como sus posibles soluciones, hasta llegar a la solución definitiva.

Todo esto quedará escrito en dicho formato, a modo que si la falla se volviera a dar, facilitaría su reparación debido a la existencia de dicho registro.

Por medio del siguiente formato, se busca que cualquier persona que sea el encargado del mantenimiento, tenga un registro y que en cualquier momento pueda acceder a una base de datos de fallas de las máquinas, con lo que se le podrá facilitar la reparación de la misma.

Además dicho formato contiene un apartado en el que se coloca las posibles soluciones que en su momento se inspeccionaron, hasta llegar a la solución final. Esto con el fin de solucionar el problema fácilmente si este se llegara a repetir.

Figura 19. Hoja propuesta para el registro de fallas


REGISTRO DE FALLAS

Fecha: _____ Código: _____
Máquina: _____

Descripción de la falla:

Posibles Soluciones	Solución Final

Elaborado por: _____ Firma: _____

Fuente: elaboración propia, 2012.

2.6.2. Herramientas necesarias para hacer un mantenimiento

Debido a que la empresa no cuenta con Departamento de Mantenimiento, la empresa no cuenta con herramienta adecuada para realizar un mantenimiento preventivo y mucho menos para un mantenimiento correctivo al equipo.

En la siguiente figura se muestra parte de la máquina la cual tiene poco acceso y por lo tanto poca iluminación. Dentro de esta carcasa se encuentra una bomba hidráulica, la cual es necesario inspeccionar debido a residuos de material, por lo tanto la iluminación en esta área es de gran importancia, evitando así el desarme de dicha carcasa para poder inspeccionar. De igual forma se muestran tornillos para llaves Allen, los cuales son de 15 milímetros, medida que comúnmente no se incluye en los juegos de dichas llaves, por lo cual su adquisición puede ser un poco más complicada.

Figura 20. **Partes de las máquinas con poca accesibilidad e iluminación**



Fuente: área de máquinas, HP12T4, 2012.

La máquina además de los tornillos, también posee mangueras hidráulicas, las cuales eventualmente necesitarán ajuste debido a la vibración, o en todo caso deberán ser reemplazadas debido a daños en empaques o en sus acoples.

Figura 21. **Tornillos para llave hexagonal**



Fuente: área de máquinas, HP12T4, 2012.

También en la siguiente figura además de los tornillos Allen, también se observan los tornillos hexagonales, para los cuales son necesarias juegos de copas mayores de 1 pulgada, o en todo caso una llave ajustable, la cual serviría para varios tipos de tornillos.

Figura 22. **Tornillos para llave hexagonal y para llave de corona o cola**



Fuente: área de máquinas, HP12T4, 2012.







Como se puede observar en las figuras, se necesitan varias herramientas a considerar para que el programa de mantenimiento que ponerlo en acción. La mayor necesidad de estas se ve al momento de un fallo no programado debido a que no se puede reaccionar inmediatamente.

El mecánico externo utiliza su propia herramienta para realizar las reparaciones correspondientes, por lo que para poder hacer un mantenimiento con personal de la empresa, es necesario adquirir herramientas específicas para cada tarea. A continuación se presenta un listado de las que se creen que son indispensables:

Tabla V. **Propuesta de herramienta para realizar actividades de mantenimiento**

Herramienta	Imagen
Juego de desarmadores	
Juego de llaves de corona	
Juego de llaves Allen	
Extractor de cojinetes	
Extractor de Tornillos	

Continuación de la tabla V.

Herramienta	Imagen
Llave para tubos	
Llave graduable	
Multímetro	
Pelacables	
Pinzas	
Lima	
Prensa para banco	

Continuación de la tabla V.

Herramienta	Imagen
Esmeril	
Barreno de mano	
Quita seguros	
Juego de empaques (O-Rings)	
Linterna	

Fuente: elaboración propia, 2012.

Este listado de materiales y herramientas que se muestra en la tabla anterior, sirve para dar un mantenimiento de forma efectiva y eficaz. Esto se obtuvo por medio de un análisis de los equipos, en lo que se determinó el tipo de tornillos, el tipo de llaves para distintos tipos de tornillos, empaques para

tuberías y mangueras, así como herramientas eléctricas. Todo esto con el fin de responder ante una falla o una prevención.

2.7. Propuesta de programación de mantenimiento preventivo

Para iniciar el programa de mantenimiento preventivo, es necesario conocer el equipo, en el que se contenga las especificaciones, así como información básica de esta.

2.7.1. Propuesta de hoja de registro de maquinaria

La hoja de registro de maquinaria, tiene como objetivo registrar los equipos que la empresa posee, en la que se especifica los límites de trabajo, así como su alimentación eléctrica entre otras.

En la siguiente figura muestra la información básica o ficha técnica de la máquina, en la que se incluye las características básicas de cada uno de los equipos que posee la empresa. Esta incluye un apartado de observaciones en el que se anota información adicional o relevante a tomar en cuenta.

Estas son necesarias para saber qué cantidad de máquinas son las que posee la empresa, ya que muchas veces al momento de que una de las máquinas (por ejemplo las soldadoras) se descompone, esta pasa a bodega para que esta contacte al proveedor para que este repare la máquina, por lo que muchas veces no se sabe cuántas máquinas se tienen operando y cuantas en reparación.

Figura 23. Hoja de registro propuesta

HOJA DE REGISTRO DE MAQUINARIA	
NOMBRE DE LA MÁQUINA: _____	MODELO: _____
FECHA: _____	AÑO DE FABRICACIÓN: _____
ALTURA DE LA MAQUINA: _____	HUBICACIÓN: _____
CANTIDAD: _____	
VOLTAJE: _____	POTENCIA: _____
CORRIENTE: _____	
LONGITUD MÁXIMA DE TRABAJO: _____	
ESPESOR MAXIMO DE TRABAJO: _____	
OBSERVACIONES: _____	

Fuente: elaboración propia, 2012.

2.7.2. Descripción de actividades de mantenimiento preventivo

A continuación se presentan cada una de las actividades a incluir en el programa de mantenimiento preventivo, a modo de garantizar la disponibilidad de la máquina, anticipándose a las posibles fallas.

- Máquina Guillotina Pacific

Programación diaria	
Tarea	Descripción
Engrasar las correderas	Utilizando grasa Mobil Flex EP1
Comprobar tornillos	Reajustar tornillos de las cuchillas.

Programación mensual	
Tarea	Descripción
Cable y resorte	Chequear el estado y funcionamiento
Ajuste de las cuchillas	Inspeccionar de la escala respecto a la inclinación
Cables del panel eléctrico	Chequear de cables sueltos y condiciones generales
Pisadores	Chequear la velocidad de carrera
Válvulas	Inspeccionar su libre movimiento

PROGRAMACIÓN TRIMESTRAL	
Trimestral	Descripción de la tarea
Solenoides y válvulas	Verificar de su correcto funcionamiento
Relés	Verificar contactos en el panel eléctrico
Cojinetes y engranes	Chequear en la bomba hidráulica
Mangueras	Chequear fugas o daños
Empaques o cellos	Verificar su estado en los pisadores
O-rings	Verificar el estado

- Máquina P51

Programación Mensual	
Tarea	Descripción
Aceite hidráulico	Chequear la temperatura
Filtros	Inspeccionar el funcionamiento
Acumuladores	Inspección de la precarga
Aceite hidráulico	Presencia de agua

Programación anual	
Anual	Descripción
Aceite hidráulico	Reemplazo
Filtro de aceite	Limpieza

Programación Anual	
Tarea	Descripción
Aceite hidráulico	Reemplazo
Filtro de aceite	Reemplazo

- Máquina HP12T4

Programación Mensual	
Tarea	Descripción
Acumulador	Chequear la presión
Pantalla de CNC	Limpiar la ventilación
Aceite hidráulico	Chequear temperatura

Programación Anual	
Tarea	Descripción
Aceite hidráulico	Reemplazo
Tanque	Limpieza
Filtro de aceite	Limpieza

- Máquina Sierra de Banda Dayton

Programación Diaria	
Tarea	Descripción
Limpieza	Secar sierra
Lubricar	Partes no pintadas

Programación Mensual	
Tarea	Descripción
Engrasar	Tornillo de avance

Programación Semestral	
Tarea	Descripción
Caja de engranes	Drenarla y volverla a llenar con aceite.
Rodamiento de bolas	Reemplazo
Ventilador del motor	Limpieza
Faja	Reemplazo
Rodamiento de empuje	Inspección

- Máquina Millermatic 252

Programación Mensual	
Tarea	Descripción
Etiquetas y especificaciones	Limpieza general
Terminales de soldadura	Limpieza y reajuste
Cables	Reemplazo o reparación

Programación Bimensual	
Bimensual	Descripción
Carcasa	Limpieza interna
Lubricación	Eje del motor impulsador
Rodillos de alimentación	Limpieza

- Máquina soldadoras Delta Fab

Programación Mensual	
Tarea	Descripción
Etiquetas y especificaciones	Limpieza general
Terminales de soldadura	Limpieza y reajuste
Cables	Reemplazo o reparación

Programación Bimensual	
Tarea	Descripción
Carcasa	Limpieza interna
Lubricación	Eje del motor impulsador
Rodillos de alimentación	Limpieza

Esta descripción de actividades permitirá que el personal que lleve a cargo el mantenimiento de la planta, pueda identificar cada una de las actividades en sus respectivas máquinas a modo que estén libre de suciedades, y estas se encuentren en el mejor estado posible.

2.8. Plan estratégico de mantenimiento preventivo

A continuación se propone un plan estratégico de mantenimiento preventivo, en el que se detallan las actividades descritas en el apartado anterior. Este plan se estima que dure un año, ya que según se vayan reportando las fallas en las ordenes de trabajo (ver capítulo IV), este plan deberá actualizarse a modo que esté en constante actualización y no se vuelva obsoleto.

2.8.1. Misión

Brindar el mantenimiento industrial adecuado y necesario para garantizar la producción y la calidad requerida por el cliente.

Mantener las máquinas disponibles y en buen estado cuando estas se necesiten.

2.8.2. Visión

Tener un programa de mantenimiento predictivo y preventivo, mejorando continuamente, mantenimiento las máquinas en buen funcionamiento, optimizando los recursos disponibles.

2.8.3. Objetivos

- Garantizar el servicio confiabilidad de los equipos industriales por medio de un programa de mantenimiento preventivo.
- Maximizar la productividad y eficiencia de la máquina.
- Mantener calibrados los equipos para satisfacer los requerimientos de calidad.

2.8.4. Plan de acción

A continuación se presenta el plan de acción para el mantenimiento preventivo de la empresa objeto de estudio. En este se detallan las actividades a realizar de cada una de las máquinas así como las fechas (en semanas) para realizarlas.

Este plan de acción muestra las frecuencias de las actividades estudiadas tanto de los manuales así como de las máquinas. Estas frecuencias fueron modificadas a modo a que el mantenimiento sea el adecuado para el ambiente que rodea las máquinas.

El plan de acción es de un año, ya que según lo estudiado, los planes se vuelven obsoletos al año de haberlos implantado, por lo que es necesaria la actualización de dichos planes, por dicho motivo se muestra anual.

En el presente informe, cada máquina cuenta con su plan de acción, ya que no todas están expuestas al mismo tipo de trabajo, así como al mismo horario, por lo que se debe ajustar según su tiempo de uso, así como tener criterio en el sentido de cuando es necesario aplicar dichas actividades.

En este plan, se presentan frecuencias en las que se debe realizar el mantenimiento de las máquinas, ya sea semanal, bimensual o anual, según sea la necesidad de la maquinaria para poder conservarla y extender su vida útil.

Tabla VI. Programación de mantenimiento de máquina Guillotina Pacífic

	SEMANAS DEL AÑO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Mantenimiento de Sierras Dayton																									
Mantener la sierra limpia y seca																									
Lubricar partes no pintada con una capa delgada de aceite																									
Aplicar grasa a tornillo de avance de la prensa.																									
Drenar caja de engranes y volver a llenarla con aceite																									
Cambio de rodamiento de bolas.																									
Limpieza de ventilación del motor.																									
Cambio de faja																									
Inspección de rodamiento de empuje																									

	SEMANAS DEL AÑO																										
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Mantenimiento de Sierras Dayton																											
Mantener la sierra limpia y seca																											
Lubricar partes no pintada con una capa delgada de aceite																											
Aplicar grasa a tornillo de avance de la prensa.																											
Drenar caja de engranes y volver a llenarla con aceite																											
Cambio de rodamiento de bolas.																											
Limpieza de ventilación del motor.																											
Cambio de faja																											
Inspección de rodamiento de empuje																											

Fuente: elaboración propia, 2012.

Tabla VII. Programación de mantenimiento de máquina P51

		SEMANAS DEL AÑO																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
P51	Controlar la temperatura del aceite hidráulico																										
	Control de los filtros																										
	Control de la precarga de los acumuladores																										
	Chequear si existe presencia de agua en el aceite																										
	Cambio de aceite hidráulico																										

		SEMANAS DEL AÑO																											
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
P51	Controlar la temperatura del aceite hidráulico																												
	Control de los filtros																												
	Control de la precarga de los acumuladores																												
	Chequear si existe presencia de agua en el aceite																												
	Cambio de aceite hidráulico																												

Fuente: elaboración propia: 2012.

Tabla VIII. Programación de mantenimiento de soldadoras
Millermatic 252

	SEMANAS DEL AÑO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
SOLDADORA MILLERMATIC 252																									
LIMPIEZA DE ETIQUETAS Y ESPECIFICACION																									
LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES DE SOLDADURA																									
REPARACION DE CABLES DAÑADOS O REEMPLAZAR																									
LIMPIEZA INTERNA DE LA UNIDAD																									
LUBRICACION DEL EJE DEL MOTOR IMPULSADOR																									
LIMPIEZA DE RODILLOS DE ALIMENTACION																									

	SEMANAS DEL AÑO																										
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SOLDADORA MILLERMATIC 252																											
LIMPIEZA DE ETIQUETAS Y ESPECIFICACION																											
LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES DE SOLDADURA																											
REPARACION DE CABLES DAÑADOS O REEMPLAZAR																											
LIMPIEZA INTERNA DE LA UNIDAD																											
LUBRICACION DEL EJE DEL MOTOR IMPULSADOR																											
LIMPIEZA DE RODILLOS DE ALIMENTACION																											

Fuente: elaboración propia, 2012.

Tabla IX. Programación de mantenimiento de máquina HP 12T4

	SEMANAS DEL AÑO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
HP12T4																									
COMPROBAR LA PRESIÓN DEL ACUMULADOR																									
LIMPIEZA DE VENTILACIÓN DEL CNC																									
LIMPIEZA DEL PANEL ELÉCTRICO																									
CAMBIO DE ACEITE HIDRÁULICO																									
LIMPIEZA DEL TANQUE DE ACEITE																									
ENGRASE DE CADENA DEL PLANETARIO																									

	SEMANAS DEL AÑO																										
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
HP12T4																											
COMPROBAR LA PRESIÓN DEL ACUMULADOR																											
LIMPIEZA DE VENTILACIÓN DEL CNC																											
LIMPIEZA DEL PANEL ELÉCTRICO																											
CAMBIO DE ACEITE HIDRÁULICO																											
LIMPIEZA DEL TANQUE DE ACEITE																											
ENGRASE DE CADENA DEL PLANETARIO																											

Fuente: elaboración propia, 2012.

Tabla XI. Programación de mantenimiento de soldadora Delta Fab

	SEMANAS DEL AÑO																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
SOLDADORA DELTA FAB																									
LIMPIEZA DE ETIQUETAS Y ESPECIFICACION																									
LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES DE SOLDADURA																									
REPARACION DE CABLES DANADOS O REEMPLAZAR																									
LIMPIEZA INTERNA DE LA UNIDAD																									
LUBRICACION DEL EJE DEL MOTOR IMPULSADOR																									
LIMPIEZA DE RODILLOS DE ALIMENTACION																									

	SEMANAS DEL AÑO																										
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SOLDADORA DELTA FAB																											
LIMPIEZA DE ETIQUETAS Y ESPECIFICACION																											
LIMPIEZA Y AJUSTE DE TERMINALES DE SOLDADURA																											
REPARACION DE CABLES DANADOS O REEMPLAZAR																											
LIMPIEZA INTERNA DE LA UNIDAD																											
LUBRICACION DEL EJE DEL MOTOR IMPULSADOR																											
LIMPIEZA DE RODILLOS DE ALIMENTACION																											

Fuente: elaboración propia, 2012.

Los beneficios de tener un plan actualizable anualmente, es que, según se vayan suscitando fallas durante el año de acción del plan, se puede agregar una inspección para dichas fallas, o en todo caso programar el reemplazo de una pieza que se sabe que a cierto tiempo falla, por lo que el mantenimiento preventivo da frutos.

El plan contribuye a que los equipos se mantengan en buen estado, y propone una mayor vida útil, debido a que se evitan desgaste de piezas, así como reparaciones.

2.8.5. Solicitud de repuestos

Para solicitar los repuestos de una forma adecuada y explícita a bodega, es necesario hacer un formato en el que se especifique las características importantes del repuesto.

El repuesto debe ir especificado lo mejor posible, de preferencia adjuntando la cotización del antes mencionado, a modo de facilitar la solicitud en bodega, así como la búsqueda en el departamento de compras.

En la parte de observaciones es importante colocar el proveedor si en todo caso este se conociera. Al llenar esta solicitud, se espera facilitar la compra de los repuestos necesarios al momento de haber una falla o para mantener un *stock* en bodega.

Figura 24. Formato propuesto de solicitud de repuestos

SOLICITUD DE REPUESTOS				
NOMBRE DE LA EMPRESA: _____			FECHA: _____	
No. DE SOLICITUD: _____		NOMBRE DEL EQUIPO: _____		
REPUESTOS A SOLICITAR:				
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO	FIRMA DEL QUE RECIBE
OBSERVACIONES:				
SOLICITANTE:				

Fuente: elaboración propia, 2012.

Con este plan estratégico de mantenimiento preventivo se busca que las máquinas tengan una frecuencia de actividades de mantenimiento para que estas estén en el mejor estado posible, además que se podrá conocer el estado del equipo y reaccionar de una manera más eficiente al momento de una falla.

Esto sumado a la solicitud de repuestos, que ayudará a informar a bodega en qué fecha deberá estar dicho suministro, a modo de reemplazarlo durante su fecha de programación y así no afectar la producción con un paro adicional.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

La fase de investigación es una propuesta sobre un tema contribución de mejoramiento del medio ambiente por parte de la empresa. Para este tema, se escogió el ahorro energético dentro de la planta de producción, con lo que se explica y se detalla la propuesta.

3.1. Diagnóstico

A continuación se presenta la situación de la empresa referente a su contribución al medio ambiente.

3.1.1. Evaluación de las instalaciones

Dentro de la planta de producción de la empresa Marlin Towers S. A. los equipos trabajan las 9 horas de la jornada de trabajo, pero existen ocasiones en el que el tiempo de preparación de material es bastante prolongado, en el que los operarios mantienen encendida la máquina. Todos los empleados, se mantienen dentro de las instalaciones 10 horas del día, 9 de las cuales son de labores y una hora para almorzar.

Por medio de un contador de energía digital (medidor) la empresa Marlin Towers S. A. puede obtener el total consumido durante el mes por todas las máquinas.

A continuación se presenta en la figura 19 uno de los contadores que la empresa utiliza en sus instalaciones.

Figura 25. **Medidor de energía de la empresa Marlin Towers S. A.**



Fuente: subestación eléctrica Marlin Towers, 2012.

En esta figura se muestra un medidor de consumo de energía con el que cuenta la empresa, en el que se puede observar el consumo acumulado durante el mes.

Figura 26. **Operadores en hora de almuerzo en las cercanías de la P51 y suciedad en la planta**



Fuente: área de maquinas, 2012.

En la figura anterior se puede mostrar a los operarios en tiempo de almuerzo, lo cual representa que la máquina esté encendida, aumentando el consumo eléctrico de la empresa.

Durante la hora de almuerzo, las máquinas CNC (P51 y HP12T4) y algunas soldadoras, los empleados por error o por descuido, las dejan encendidas, produciendo un consumo energético que se refleja en gasto para la empresa.

Al no tener bien calibradas las máquinas, o no tenerlas en buen estado, hace que muchas de las piezas se produzcan con mala calidad. Esto normalmente produce un reproceso del producto, y lleva a un mayor consumo energético ya que los equipos deberán de ser reutilizados.

Se detectaron las causas del problema principal que es el alto consumo energético por parte de la planta, en la siguiente figura se muestra dichas causas.

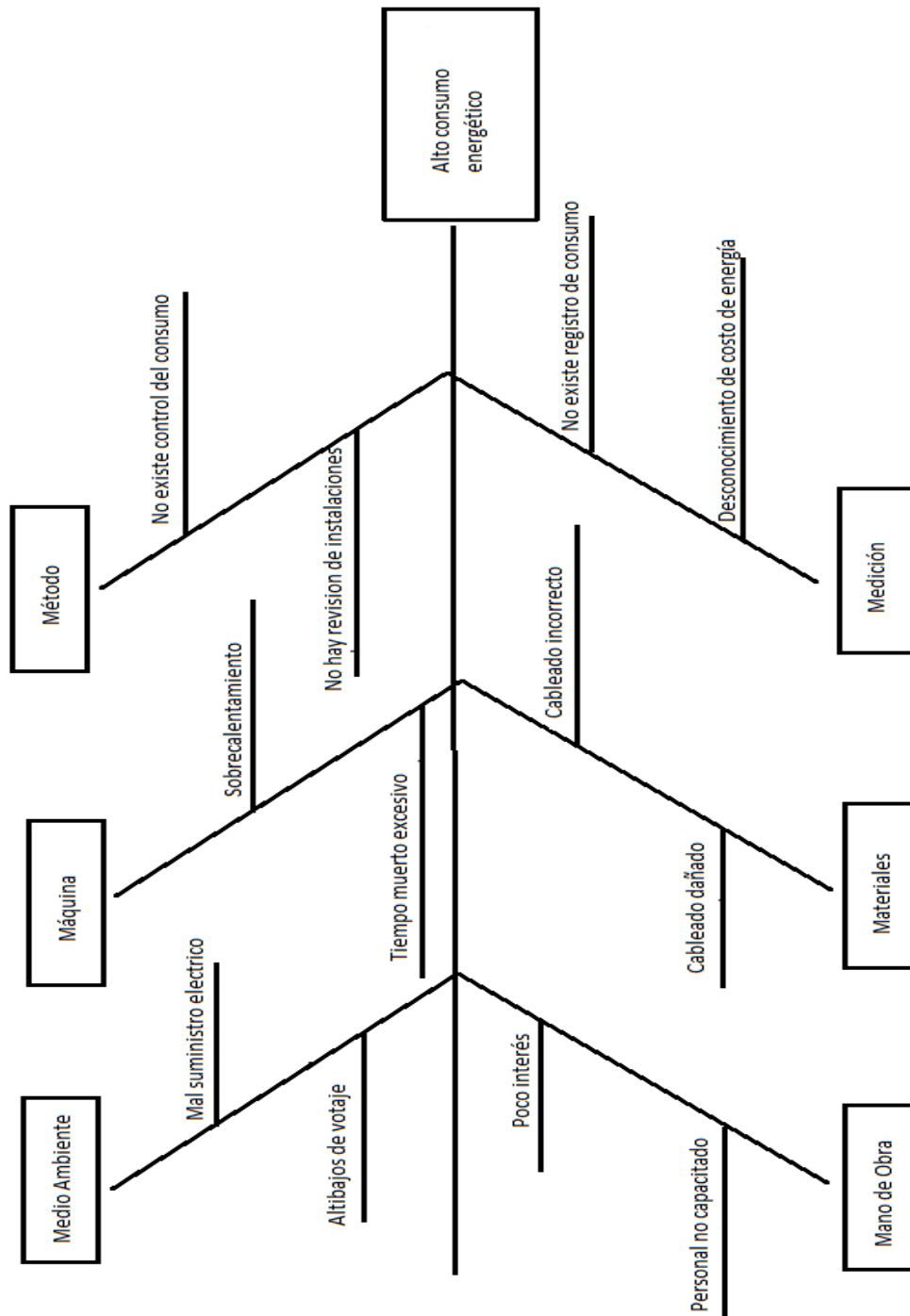
Uno de los problemas más comunes en el área, es el suministro de energía, ya que presentan interrupciones de energía o comúnmente llamados apagones, así como altibajos en el voltaje de alimentaciones de las máquinas, lo que puede provocar problemas serios como lo son daños en contactores, fusibles, tarjetas electrónicas, entre otras.

Otras de las cosas que influye bastante en el consumo de energía, es la instalación eléctrica, debido a que una instalación improvisada podría tener “fuga” de energía debido a una mala calidad de aislante. Esto puede repercutir en un consumo adicional para la empresa.

También se debe prestar atención al cable instalado para cada máquina para que sea el adecuado, ya que este al ser de un calibre más pequeño del especificado por el manual de instalación, podría calentarse y consumir más energía, incluso puede llegar que el cable se queme, ocasionando serios accidentes.

La empresa tampoco cuenta con un registro de consumo de la planta, por lo que desconocen si existe algún problema significativo que pueda estar provocando un leve aumento del consumo de la energía.

Figura 27. Diagrama de Ishikawa, alto consumo de energía



Fuente: elaboración propia, 2012.

3.1.2. Determinación del tiempo de uso de las máquinas

Para determinar el tiempo de uso de las máquinas, se tomaron tiempos en los que cada tipo de máquina está trabajando, por medio de un estudio de tiempos con cronómetro por medio de un modo continuo. Este método muestra el tiempo total transcurrido desde que se inició la actividad. Todo esto se hace para determinar el tiempo de utilización y continuación, se presenta una tabla con tiempos promedios de operación y tiempos muertos.

En este caso, el tiempo muerto que se muestra, quiere decir el tiempo en que la máquina esta encendida pero no está trabajando.

Tabla XI. **Tiempo de operación y tiempos muertos de los equipos**

Máquina	Tiempo de operación	Tiempo muerto
P51	7,12 horas	1,48 horas
HP12T4	7,03 horas	1,57 horas
GUILLOTINA PACIFIC	3,57 horas	1,35 horas
SIERRAS DAYTON	7,31 horas	1,39 horas
MILLERMATIC 252	7,27 horas	1,33 horas
DELTA FAB	7,18 horas	1,42 horas

Fuente: elaboración propia, 2012.

El tiempo mostrado en la tabla anterior, se tomó durante una semana, con lo que se obtuvieron tanto los tiempos en los que la máquina se mantiene en operación, así como el tiempo muerto de estas en el que la máquina se mantiene encendida, lo cual genera un gasto. Estos tiempos demuestran el tiempo de utilización de las máquinas durante el turno de trabajo y serán

utilizados para determinar el consumo que tienen las máquinas, tanto durante su operación como en el tiempo muerto.

Es necesaria la toma de dichos tiempo para corregir los problemas del mal uso de las máquinas y así plantear una propuesta de ahorro energético.

En todas las máquinas a excepción de las sierras Dayton, en el tiempo muerto está incluido el horario de almuerzo, ya que los operadores dejan encendida la maquinaria, por lo que ese tiempo es total.

3.2. Propuesta de plan de ahorro en el consumo energético

Debido a la importancia del ahorro energético para la empresa, se presenta a continuación el consumo actual y la propuesta de ahorro energético.

3.2.1. Consumo y ahorro energético

Para determinar el consumo energético total durante el tiempo muerto de las máquinas, es necesario conocer el consumo de estas. Este consumo tiene como unidad de medida los kilowatts, pero para determinar el valor de este consumo o desperdicio de energía se deben obtener los kilowatts- hora.

$$\text{Consumo de Energía (kw-hr)} = (\text{días} * ((\text{watts}/1000)) * \text{horas})$$

No toda la maquinaria trae la especificación de potencia, por lo que muchas veces hay que calcularla. Esto se hace por medio de los valores de corriente y voltaje.

Este se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia} = (\text{voltaje}) * (\text{corriente})$$

En la siguiente tabla se muestran los consumos de cada una de las máquinas que se tomaron para la realización de este trabajo, en ella se muestran los consumos en kilowatts, para esto se utilizó la fórmula anterior.

Tabla XII. **Potencia de las máquinas**

Máquina	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia(KW)
Guillotina Pacific	67,79	440	29,828
P51	43,18	440	19
HP12T4	50	440	22
Sierras Dayton	7,2	220	1,5846
Millermatic 252	21	440	9,24
Delta Fab	34,5	440	15,18

Fuente: elaboración propia, 2012.

En esta tabla se muestran las potencias de cada una de las máquinas, pero para tener la cantidad total de energía se debe tener la cantidad total de máquinas, ya que en el caso de las soldadoras y las sierras existen más de una, a continuación se dan las cantidades y la potencia total:

Tabla XIII. **Potencia total de los equipos**

Máquina	Cantidad	Potencia total
Guillotina Pacific	1	29.828
P51	1	19
HP12T4	1	22
Sierras Dayton	2	3.1692
Millermatic 252	11	101.64
Delta Fab	2	30.36

Fuente: elaboración propia, 2012.

La tabla anterior muestra la potencia total de la suma de todos los equipos que existen dentro de la planta, esto con el objetivo de tener la potencia total de las máquinas y así calcular el valor real del consumo eléctrico. Con la potencia total ejercida por las máquinas, con la fórmula de consumo de energía se puede determinar cuántos kilowatt-hora consumen las máquinas, en la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla XIV. **Kilowatts-hora consumidos por las máquinas**

Máquina	Kw-hr
Guillotina Pacific	1,738
P51	1 026,0
HP12T4	1 287
Sierras Dayton	104,58
Millermatic 252	3 150,84
Delta Fab	1 032,34

Fuente: elaboración propia, 2012.

Esta tabla muestra el consumo en kilovatio-hora, lo cual es necesario para determinar el valor en quetzales, el gasto total de energía.

El valor en quetzales que la empresa podría ahorrar en cada una de las máquinas sería el siguiente:

Tabla XV. **Consumo de energía**

Máquina	Consumo en quetzales
Guillotina Pacific	3,1284
P51	1846,8
HP12T4	2316,1
Sierras Dayton	188,24
Millermatic 252	5671,51
Delta Fab	1858,21

Fuente: elaboración propia, 2012.

Como se puede observar en la tabla, las máquinas soldadoras Millermatic 252, representan el mayor consumo eléctrico dentro de la planta, ya que por la cantidad de máquinas que se tienen, aumente el consumo considerablemente al no tener un control del tiempo de utilización de estas.

Al sumar los valores, se obtiene que para un mes, el valor de la energía gastada en esos tiempos muertos de:

Energía gastada= Q11 883,98

Este valor en quetzales es para un total de 6 602,5 kw-h.

El aumento de consumo de energía en la empresa también se ve afectado por el reproceso de las piezas que salen en mal estado de las máquinas, debido ya sea a un desajuste de la máquina, lo que aumenta el proceso de pulido.

Figura 28. **Corte en angulares**



Fuente: área de máquinas, HP12T4, 2012.

En esta imagen se puede observar el corte en mal estado provocado por un desajuste en las cuchillas que cortan dicho angular, teniendo que reprocesarlo a modo que este quede en buen estado.

3.2.2. Propuestas de ahorro energético

- Apagado de máquinas

Las máquinas deberán ser apagadas 5 minutos antes de que se retire el personal, ya sea antes de la hora de almuerzo o a que termine la jornada laboral.

- Beneficio: por medio de este chequeo de las máquinas, se asegurará que cada una de estas se encuentre apagada durante los tiempos muertos, ya sea en los cambios de turno o en horas de almuerzo o cena del personal.

- Máquinas en modo pausa

Diariamente poner las máquinas en modo pausa durante el tiempo de preparación del material a trabajar, ya que estas pueden estar consumiendo energía sin estarse utilizando.

- Beneficio: colocar las máquinas en modo pausa, permite un leve ahorro de energía, ya que no se activan los motores y bombas de las máquinas, por lo que no habría un consumo grande.

- Chequeo del cableado

Chequear semanalmente el cableado de cada una de las máquinas así como los tableros eléctricos, buscando cables sueltos o dañados, tanto de los cables de alimentación así como los del interior de la máquina.

- Beneficio: por medio de este chequeo, se puede determinar cables que se estén sobrecalentando debido a un consumo alto de energía, así como cables en mal estado que estén haciendo que la energía se desperdicie hacia la tierra física.
- Chequeo de piezas procesadas

Que el mecánico externo o los operadores, constantemente revisen las piezas procesadas en cada una de las máquinas, así como corroborar la pieza trabajada por la máquina.

- Beneficio: por medio de este chequeo, se podrá determinar si la máquina se encuentra descalibrada, así como si algún punzón o consumible de la máquina se encuentra en mal estado. Esto al final evitará el reproceso de las piezas, evadiendo así un consumo adicional de energía.

4. FASE DE DOCENCIA

4.1. Diagnóstico de la necesidad de capacitación

Para determinar si los operarios necesitan capacitación, se deben observar ciertos aspectos:

- Que actividades de mantenimiento realizan los operadores
- La cantidad de empleados que tienen a cargo la maquinaria
- Buscar información sobre documentación de mantenimiento

A continuación se tienen los siguientes resultados de estas observaciones:

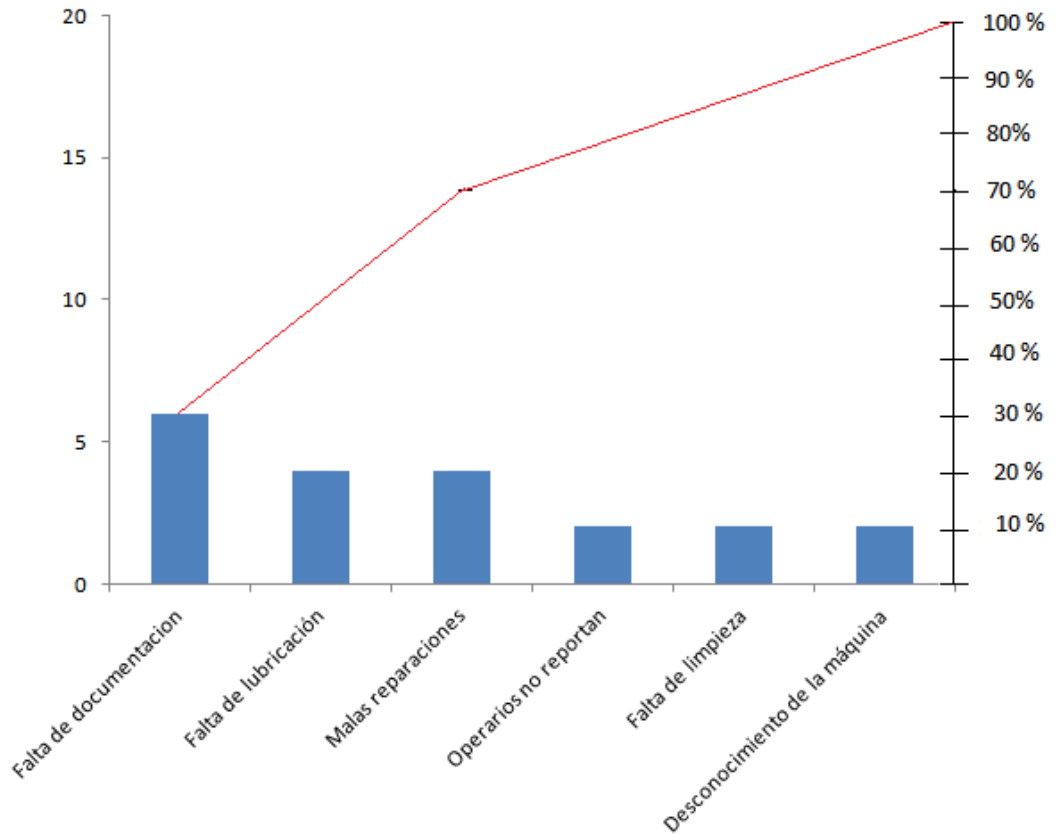
- En el caso de la maquinaria grande como lo son la guillotina, P51, HP12T4 y sierras Dayton, los operadores realizan actividades de mantenimiento concernientes únicamente a limpieza, así como de calibración de la máquina. Debido al barrenado, punzonado o corte de las piezas en dichas máquinas, estas producen cierto polvillo metálico, el que si no se tiene cuidado se va acumulando en partes delicadas de la máquina, así como sensores, microswitch, que son elementos electrónicos muy sensibles a la suciedad.

Además este polvillo se adhiere a la superficie de los cilindros hidráulicos, produciendo en estos un desgaste, perjudicando en los sellos de estos, y haciendo que fallen.

- La limpieza que los operarios realizan es básicamente externa, debido a manchas de grasa, aceite o refrigerante, dejándolas con apariencia agradable.
- Al fallar alguna pieza de la máquina, el operador no la repara, únicamente lo que cambia son los consumibles que cada una de estas utiliza, ya sea boquillas en el caso de las soldadoras, cuchillas de corte en el caso de la HP12T4 o brocas en el caso de la P51. En caso que el operador repara la máquina, esta es reparada de forma incorrecta, pudiendo ocasionar otros problemas mayores.
- Existe un operario por máquina en la planta, lo que quiere decir que cada uno de ellos deberá ser capacitado respecto a cierto aspecto que tiene que observar o reportar al jefe inmediato para programar y dar mantenimiento al equipo del cual es responsable. Ya que no hacerlo puede ocasionar otras fallas.
- Dentro de la empresa, no existe documentación del mantenimiento realizado a los equipos. Con la única información que se cuenta es la que posee el mecánico externo, el cual lleva un registro de fechas en los que se le realiza mantenimiento preventivo a las máquinas. Pero esta información es propiedad de dicha persona. Al momento en que esta persona ya no asista a la empresa, esta no contará con dichos registros, y tendrá que lidiar de nuevo con problemas que puede resultar fácil de reparar pero debido a que no existe documentación podría complicar la reparación.

En la siguiente figura se muestra los problemas encontrados en el personal respecto a las máquinas que operan

Figura 29. Diagrama de Pareto, diagnóstico de capacitación



Fuente: elaboración propia, 2012.

Como se puede observar en la figura, la falta de documentación y falta de lubricación de la maquinaria es lo que más desconocen los operarios, esto sumado a malas reparaciones hechas por ellos que en su mayoría están hechas de forma incorrecta, debido al desconocimiento de la máquina o falta de experiencia en el puesto. Por lo tanto este diagrama muestra que es necesaria la capacitación en el personal, atacando los problemas que mayor porcentaje abarca.

4.2. Planificación de la capacitación

Cada una de las máquinas cuenta con un manual de operación y mantenimiento, en el que se muestran las actividades básicas que deben realizarse sobre mantenimiento preventivo. Para planificar la capacitación de los operarios, es necesario tener conocimiento de las partes de las máquinas que son susceptibles a fallas o partes que necesitan mantenimiento constante, además de que los operadores estén presentes en la inspección de la maquinaria, ya que ellos conocen detalles como sonidos y vibraciones de estas.

4.2.1. Objetivos

- Capacitar al personal operador de maquinaria, en el uso y conservación de la maquinaria para alargar su vida útil.
- Lograr que el personal reporte las fallas de las máquinas para que pueda ser reparada.
- Instruir al personal en la lubricación y limpieza de la máquina.

4.2.2. Misión

Promover actividades de capacitación al personal de Marlin Towers, para beneficio de la institución y cuidado de la maquinaria.

4.2.3. Visión

El personal a corto plazo, pueda comunicar las fallas de la maquinaria así como realizar reparaciones adecuadas

En el cronograma anterior, se muestran las secuencias de actividades que incluye elaboración de órdenes de trabajo, hasta archivarlas y ejecutarlas.

La capacitación, en el que incluye el estudio de los manuales de mantenimiento así como chequeo y reporte de maquinaria por medio de órdenes de trabajo. Todo esto con un tiempo de seguimiento, para que se empiece a tener un archivo de fallas de las máquinas.

Al tener conocimiento de estas, se procede a elaborar una ficha de control de actividades o lista de chequeo, en la que se le muestran a los operarios, las actividades que deben realizarse al equipo. Esta lista de chequeo servirá para que la empresa tenga conocimiento de las actividades que deben realizarse a los equipos y así iniciar con la documentación.

4.2.5. Documentación

Otro de los aspectos a considerar para poder crear un registro de mantenimiento, son las órdenes de trabajo, en los que se detalla la falla generada en los equipos. Las órdenes de trabajo sirven para detallar algún trabajo específico o alguna reparación no atendida, la cual busca que sea programada en un tiempo prudente en el que la máquina no falle por completo y no afecte en la producción.

Estas órdenes son llenadas por los operadores de máquinas, ya que cada máquina tiene un código, lo que ayuda a identificarlas al momento de realizarle mantenimiento.

Figura 30. Formato propuesto para orden de trabajo de mantenimiento



ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Fecha: _____

Solicito a usted(es) la programación del mantenimiento del equipo que se describe a continuación:

Nombre del equipo: _____

Código del equipo: _____

Descripción del problema:

Solicitante: _____ **Puesto** _____

Firma: _____

Fuente: elaboración propia, 2012.

El formato anterior de orden de trabajo, se basó en que se debe describir el problema por parte del operario para poder determinar la causa, ya que esta persona conoce la máquina y así facilitar la búsqueda del problema.

Para la empresa, estas órdenes de trabajo servirán para llevar un registro sobre qué tipos de falla son las más comunes en cada una de las máquinas, e incluso una falla repetitiva en una máquina, servirá para determinar si el

operario que tiene el equipo es el adecuado, ya que podría no estar operándola adecuadamente y provocar fallas constantemente.

Para utilizar este tipo registros, es necesario darles capacitación a los operarios de un mes, ya que en el caso de las órdenes de trabajo, es necesaria una observación constante del equipo, para poder determinar los elementos que necesiten atención o que han sido reportados debido a que no afectan en el desempeño de la máquina.

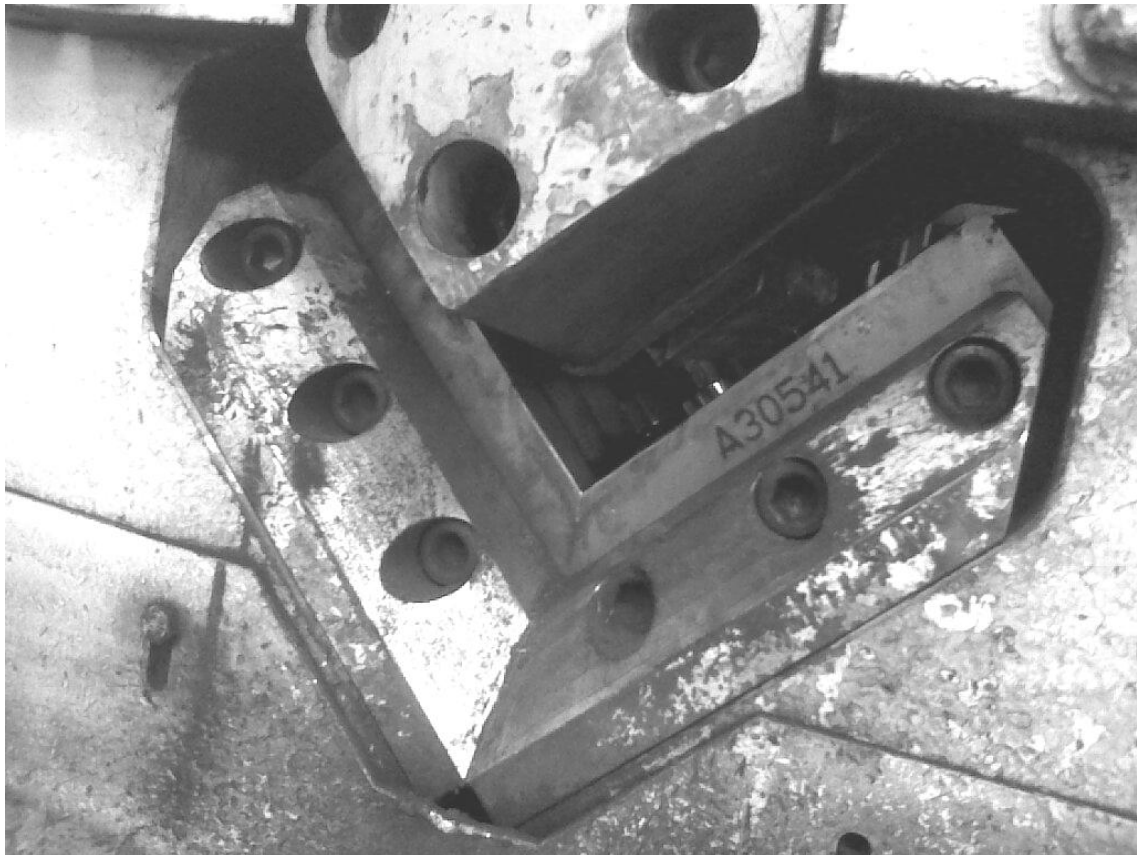
Figura 31. **Tipo de grasa a utilizar en P51**



Fuente: área de máquinas, máquina P51, 2012.

Como se muestra en la figura, al operador se le dio un litro de grasa Alvania EP2, que es el lubricante correcto a utilizar en la máquina P51, ya que en ocasiones se observó que utilizaban grasa con aditivos diferentes.

Figura 32. Cuchillas de la máquina HP12T4



Fuente: área de máquinas, máquina HP12T4, 2012.

Además, debido a la cantidad de máquinas que existen, es necesario usar una codificación, en especial para las soldadoras y sierras, a continuación se muestra los códigos utilizados para poder llenar el apartado de la orden de trabajo

Tabla XVII. **Codificación de los equipos**

Máquina	Código
Sierras Dayton	SD.#
Millermatic 252	MM.#
Delta Fab	DF.#

Fuente: elaboración propia, 2012.

El signo numeral (#) en el código de la máquina, quiere decir el número correlativo de la máquina, por ejemplo hay dos sierras Dayton en la planta, por lo que los códigos para dichas máquinas serían SD.1 y SD.2. De la misma forma quedarían las 9 máquinas Millermatic y 2 Delta Fab.

Figura 33. **Codificación de soldadoras Millermatic 252**



Fuente: área de soldadura, 2012.

Figura 34. **Codificación de sierras Dayton**



Fuente: área de máquinas, 2012.

En la figura anterior se muestra la codificación de una de las sierras de banda. Se utilizó SD ya que es marca Dayton, con el objetivo de identificar las dos sierras que se utilizan en la planta.

Figura 35. **Codificación de soldadoras Delta Fab**



Fuente: área de soldadura, 2012.

Esto último es uno de los aspectos más importantes ya que en ocasiones, los operarios no reportan situaciones que ellos consideran leves, como por ejemplo, que a la manguera le haga falta una abrazadera, cosa que ellos pueden considerar irrelevante, pero al analizarla, la manguera produce vibración por ser una manguera hidráulica, y esta a su vez se le dañe la rosca, lo que al final puede producir una fuga de aceite hidráulico.

Al no haber Departamento de Mantenimiento dentro de la empresa, los operadores están acostumbrados a hacer ciertas reparaciones, pero estas realizadas de mala forma, a modo de que la máquina siga trabajando debido a las presiones de producción, lo que puede llevar a consecuencias graves.

4.3. Evaluación de la capacitación

Para determinar el funcionamiento de la capacitación, se analizaron los siguientes aspectos:

- Al realizar una inspección de rutina, se pudo determinar que existían elementos que no fueron reportados, por ejemplo: la reparación o cambio del cable de tierra de las soldadoras, una fuga en una de las mangueras hidráulicas de la máquina P51. Según los operadores no los reportaron debido a que lo pasaron por alto.
- Los operadores demostraron interés, ya se les estaba poniendo atención a los problemas de las máquinas que tienen a cargo, ya que para que esas fueran atendidas, tenían que presentar una falla que impidiera trabajar en ese equipo, lo que quiere decir que solo se realizaba mantenimiento correctivo.

Figura 36. **Engrase y ajuste de piezas**



Fuente: área de máquinas, máquina guillotina, 2012.

En la figura anterior se muestra la acción de ajuste y engrase de caja reductora, la cual contiene cojinetes y engranajes, los cuales hacen posible el movimiento en la guillotina. Al lado izquierdo de dicha figura se observa el operador de la guillotina, el cual debe realizar dichas acciones con una frecuencia trimestral.

4.3.1. Aprendizaje

Durante el desarrollo del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se estuvo en charlas informativas de las que se describen a continuación:

- Competencias laborales

La charla de Competencias laborales, se dio a conocer algunas de las competencias que deben tener las personas para el puesto que desempeñan, en el que se busca conocer si el empleado es capaz de poder realizar el trabajo, y si en caso no es capaz, la empresa tendría que buscar la manera de capacitarlo.

Al tener identificadas las competencias que se buscan en los empleados, se podrá determinar que conocimientos necesita tener el operador o cualquier otro trabajador que intente ingresar a la empresa, y así poder contratar a las personas idóneas para el puesto.

El motivo de esta charla fue para que los supervisores y jefes de cada una de las áreas dentro de la empresa (tanto personal de oficina como dentro de la planta), desde la gerencia hasta los ayudantes, tengan definido que actividades debe desarrollar en el puesto para el cual fue contratado. Al momento que la empresa tenga esa información, los trabajadores se podrán desempeñar de una mejor forma dentro de su área de trabajo realizando únicamente el trabajo que les corresponde, y así la empresa tendrán mejores resultados.

- Capacitación con el gerente de Aseguramiento de Calidad

De acuerdo con la experiencia laboral del gerente de Aseguramiento de Calidad, y debido a que calidad abarca prácticamente todas las áreas dentro de la empresa, esta persona decidió dar una charla acerca de calidad y el mantenimiento de las máquinas.

Dicho gerente, tiene experiencia en una empresa que se dedica a actividades similares a las de Marlin Towers, además de una empresa de bebidas carbonatadas, en las que el junto con su equipo de trabajo, realizaron formatos sobre mantenimiento preventivo.

Debido a la documentación que el posee de sus labores en otras empresas, decidió dar una charla acerca de cómo se podría administrar el mantenimiento de Marlin Towers. En esta charla demostró que documentos son los que se deben de llevar, además de un cronograma de actividades de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos. Se pudo observar que un departamento de mantenimiento hecho de la forma correcta, debe de tener diagramas de flujo, tanto para mantenimiento preventivo como para correctivo.

Además en esta charla se pudo observar el formato que se utilizaba en esta empresa de gaseosas para las hojas de inspección, sus aspectos y actividades que son necesarias verificar, que fue de donde se tomó la idea para realizar la anteriormente mostrada.

Con esta información obtenida de la charla, se pueden crear procedimientos para saber como actuar ante una falla de algún equipo, con quien abocarse, a que proveedores buscar para obtener el repuesto,

como pedir una cotización, e incluso como hacer una requisición de compra del repuesto.

- Capacitación en el uso de maquinaria

Durante el quinto mes de desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado, personal de una empresa mexicana que se dedica a la fabricación de maquinaria para corte de materiales, asistió a la planta de Marlin Towers S. A. para capacitar acerca de la operación de una maquinaria nueva que la empresa adquirió, enseñando sobre el sistema operativo de esta, así como el ciertos cuidados y actividades de mantenimiento que se le deben realizar a las otras máquinas de la planta, debido a que la nueva máquina produce humo en grandes cantidades, además de polvillo metálico que se puede adherir a las demás máquinas. Esta persona estuvo en la empresa por tres semanas con varios operadores de maquinaria así como mi persona.

Figura 37. **Capacitación del uso y cuidados de maquinaria**



Fuente: área de máquinas, 2012.

Figura 38. **Capacitación del personal de la empresa
Marlin Towers S. A.**



Fuente: área de máquinas, 2012.

CONCLUSIONES

1. Por medio de un programa de mantenimiento predictivo y preventivo se logra que la maquinaria disminuya los paros imprevistos, teniendo la máquina siempre en buen estado y disponible para que la producción no se detenga.
2. El equipo industrial que se encuentra en la Planta de Producción de la empresa, es sometida a trabajo pesado, muchas veces al límite de su capacidad. Todo esto sumado a que las máquinas no tienen un mantenimiento preventivo y predictivo programado, hace que afecte en el desempeño del trabajo, sobrecalentándose debido a una mala ventilación, o mal estado del aceite, o alguna fuga que haga que las bombas hidráulicas realicen un mayor trabajo. Las máquinas, según sea la necesidad de producción, son trabajadas hasta 22 horas al día, descansando únicamente en el cambio de turno.
3. Por medio de la identificación de los modos de falla, se encontró que el mayor problema es el desgaste por medio de corrección, debido al ambiente abrasivo que rodea las máquinas e inclusive a la planta de producción. Se halló también que una mala lubricación permite este tipo de desgaste ya que el agente abrasivo se adhiere a la grasa haciendo más difícil su limpieza.
4. Con las hojas de inspección de los equipos, se muestran cada una de las actividades que deben realizarse para conservar las máquinas en buen estado. Prevenir e incluso predecir son las funciones de dicho programa,

a modo de tener una mejor reacción ante las posibles futuras fallas de las máquinas. Además se detalló cada una de las herramientas necesarias para poder realizar cada uno de los tipos de mantenimiento,

5. Por medio de la implementación de la capacitación que se les dio al personal de la planta, trataron sobre, llevar a cabo un programa de mantenimiento, llevar a cabo la implementación del programa, los distintos reportes que deben realizar al haber un comportamiento anormal en la máquina, los aspectos que deben observarse e inspeccionar, con lo que se llena la hoja de inspección para cada máquina. Así como mejorar el comportamiento y aumentar el conocimiento del personal en las máquinas que tienen a su cargo, al igual que en el área de trabajo.
6. Al implementar el plan de ahorro energético dentro de la planta, se obtendría una reducción en el consumo de energía de Q11 883,98, por lo que con esto, es necesario realizar cada una de las actividades descritas para así sea significativo dicho ahorro. Además, se crea una cultura ahorrativa y se concientiza al personal, sobre el cuidado del medio ambiente y de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

A la Gerencia General:

1. Llevar a cabo cada uno de los programas propuestos en este trabajo, para lograr que la máquina se mantenga en buenas condiciones y que pueda producir la capacidad a la cual fue diseñada.
2. Actualizar constantemente los registros de fallas y así como identificar nuevos modos de falla, para facilitar una reparación en el futuro.
3. Realizar el plan propuesto de ahorro energético para que la empresa tenga una disminución de sus costos de energía. Así como crear una cultura consciente en el uso de la electricidad, para tener mejores resultados en el ahorro energético.

Al jefe de producción:

4. Utilizar los equipos sin sobrepasar la capacidad para la cual fueron fabricados para trabajar, esto hará que el equipo y lubricantes tengan una vida útil mayor.
5. Verificar que las máquinas estén apagadas cuando estas no se estén utilizando, en especial las soldadoras debido a que por la cantidad de estas, el ahorro energético puede ser significativo.

6. Verificar que el producto este siendo fabricado con la calidad requerida, ya que la máquina al no estar en buen estado llega a producir piezas en mal estado.

BIBLIOGRAFIA

1. ARREAZA GALDÁMEZ, Erick Arreaza. *Programa de mantenimiento para aumentar la vida útil del equipo de bombeo de pozos de abastecimiento de agua potable en el casco urbano del municipio de Estanzuela, Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 169 p.
2. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Mantenimiento correctivo organización y gestión de la reparación de averías*. Madrid: RENOVETEC, 2009. 28 p.
3. ————. *Mantenimiento preventivo*. Madrid: RENOVETEC, 2009. 38 p.
4. Marlin Towers. *Monografía de la empresa*. Guatemala: Marlin Towers S. A., 2010. 10 p.
5. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Manual de mantenimiento preventivo planificado*. 3a ed. San Salvador: MSPAS, 1999. 253 p.
6. NETO CUSHIN, Edwin Orlando. *Mantenimiento industrial* [en línea] Macas Ecuador 2009, < aulafacil.com > [Consulta: 10 de mayo de 2013].

7. RAMOS RUÍZ, José Felipe. *Diagnóstico y diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo de la planta de Lácteos de Zamorano*. Trabajo de graduación de Ing. en Agroindustria. Honduras: El Zamorano, 2002. 105 p.