



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

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA UNA LÍNEA DE GALVANIZADO DE  
LÁMINAS**

**Juan Manolo Valdéz Morán  
Asesorado por ing. José Francisco Gómez Rivera**

**Guatemala, marzo de 2006**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA  
UNA LÍNEA DE GALVANIZADO DE LÁMINAS”,**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JUAN MANOLO VALDÉZ MORÁN**

ASESORADO POR ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

**DECANO:** Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos

**VOCAL I:**

**VOCAL II:** Lic. Amahán Sanchez Álvarez

**VOCAL III:** Ing. Julio David Galicia Celada

**VOCAL IV:** Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz

**VOCAL V:** Elisa Yazminda Vides Leiva

**SECRETARIA:** Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

**DECANO:** Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

**EXAMINADOR:** Ing. Hugo Leonel Alvarado de León

**EXAMINADOR:** Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

**EXAMINADOR:** Ing. William Abel Antonio Aguilar Vásquez

**SECRETARIO:** Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO PARA UNA LÍNEA DE GALVANIZADO DE  
LÁMINAS”,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 24 de mayo de 2005.

**JUAN MANOLO VALDÉZ MORÁN**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Aunque muchas veces me cueste admitirlo, es quien me tiene aquí, en este momento.
- Virgen María** Por ser la luz que siempre me guía en el camino.
- Mis padres** **Victoria Morán, Juan Valdéz**, por haberme apoyado en todo momento y por haber sacrificado tanto por mí.
- Mis hermanos** Noemí Valdez y Fernando Valdez, por ese apoyo incondicional que solo un hermano sabe dar.
- Mis sobrinos** Paola, Roció, Diego y Gudiel.
- Mis compañeros** Por demostrar su amistad en todo momento durante este tiempo: Luis Roberto, Aldo, Efraín, Oscar Argueta en especial a todos los que participaron en emi 2004. Lisete, Víctor, Oscar, Cesar, Amilcar, Julio, Derick, Guillermo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXI</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO</b>	
1.1 Descripción general	1
1.1.1 Misión, Visión, Valores	2
1.1.2 Organigrama	3
1.1.3 Recursos humanos	4
1.1.4 Maquinaria y equipo	5
1.1.5 Productos	6
1.1.6 Mercados	9
1.1.7 Infraestructura	9
1.2 Descripción del proceso	12
1.2.1 Área de corte	14
1.2.2 Área de galvanizado	14
1.2.3 Área de corrugación	16

1.3	Conceptos de mantenimiento	18	
1.3.1	Costo total de servicio	19	
1.3.2	Factores que subrayan la importancia del mantenimiento	20	
1.3.3	Actitudes respecto del mantenimiento susceptibles de mejorar	21	
1.3.4	Eficiencia del mantenimiento	23	
1.3.5	Actividades de mantenimiento	23	
1.3.6	Funciones específicas del mantenimiento	24	
	1.3.6.1	Mantenimiento de avería	24
	1.3.6.2	Reparación de avería	24
	1.3.6.3	Mantenimiento de avería	24
1.4	Mantenimiento preventivo	24	
1.4.1	Conceptos importantes para la implantación del mantenimiento preventivo		
1.4.2	Fuentes de información	25	
1.4.3	Visitas	26	
1.4.4	Inspecciones	27	
1.4.5	Revisiones preventivas	27	
1.4.6	Correcciones programadas	27	
1.4.7	Organización de un departamento de Mantenimiento	28	
1.4.8	Ventajas del mantenimiento preventivo	30	

1.4.9	Funciones del mantenimiento	31
	1.4.9.1 Primarias	31
	1.4.9.2 Secundarias	32
<b>2.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	
2.1	Tipo de mantenimiento	33
2.2	Programa de mantenimiento Actual	33
2.2.1	Organización Del Departamento de mantenimiento	34
2.2.2	Inventario de repuestos	35
2.2.3	Control y supervisión del mantenimiento	35
2.2.4	Actitudes respecto al mantenimiento	36
2.2.5	Actividades de mantenimiento	36
2.2.6	Tipo de capacitación del personal de mantenimiento	37
2.2.7	Herramientas y equipo para reparaciones	37
2.3	Situación del equipo y de la maquinaria de la línea de producción	38
2.3.1	Rodillos de secado	38
	2.3.1.1 Rodillos de flux y de pileta de agua	39
	2.3.1.2 Rodillos de terminación	40
2.3.2	Piletas de lavado y enfriado	40

2.3.3	Tuberías de vapor	41
2.3.4	Tuberías de agua	41
2.3.5	Perol	41
	2.3.5.1 Extractor de humo	42
2.3.6	Quemadores	42
2.3.7	Motores eléctricos	43
	2.3.7.1 Cajas reductoras	43
	2.3.7.2 Transportadoras de lámina	44
	2.3.7.2.1 Sistema de enfriado de láminas	44
	2.3.7.2.2 Niveladora	44
2.3.8	Magneto	45
2.3.9	Rodillos de arrastre	45
2.3.10	Cadenas	45
2.3.11	Sprockets	46
2.3.12	Cojinetes	46
2.3.13	Guía de lámina	47

### **3. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

3.1	Realización de inspecciones	49
3.1.1	Visitas	49
3.1.2	Inspecciones	50
3.1.3	Orden de trabajo	50
3.2	Desarrollo de rutinas de mantenimiento	53

3.2.1	Rutina de mantenimiento operativo	53
3.2.2	Rutina de inspecciones	54
3.2.3	Rutina de visitas	54
3.3	Métodos de control y supervisión	55
3.3.1	Ficha de maquinaria	55
3.3.2	Historia de Fallas	58
3.3.3	Control de paros	60
3.3.4	Fichas de chequeo para inspección	62
3.3.5	Orden de trabajo	67
3.3.6	Control de órdenes de trabajo	68
3.3.7	Requisición de materiales	71
3.3.8	Reporte mensual	73
3.4	Diseño de las Rutinas de Inspección y servicios	75
3.4.1	Diseño de las rutas de inspección y servicio	75
3.4.2	Calendarización de las rutinas	78
3.5	Análisis de Costos del plan	81
3.5.1	Cálculo de costos en personal	81
3.5.2	Cálculo de costos en Herramientas y Equipo	82
3.5.3	Cálculo de costos de los insumos	82
3.5.4	Análisis de beneficio /costo	84

#### **4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

4.1	Inventario técnico	87
4.1.1	Ficha de maquinaria	87
4.1.2	Ficha histórica	87
4.1.3	Ficha de control para la inspección	88
4.2	Implantación ideológica	88
4.3	Reparación general	88
4.4	Capacitación	89
4.4.1	Personal técnico para hacerlo funcionar	89
4.4.2	Personal directivo para administrarlo	89
4.5	Recursos financieros para iniciarlo	90
4.6	Informar al personal del programa metodología y administración	90
4.7	Tiempo de implantación	90
4.8	Implantación progresiva	91
4.9	Aplicación selectiva	91

#### **5. MEJORA CONTINUA**

5.1	Revisión periódica de los programas de mantenimiento	93
5.2	Revisión de los programas de producción	93
5.3	Medición de la efectividad del mantenimiento preventivo	94

5.3.1	Índices de medición del mantenimiento	94
5.3.1.1	Tiempo promedio operativo (TPO)	94
5.3.1.2	Tiempo promedio para reparar (TPPR)	95
5.3.1.3	Tiempo promedio entre fallas (TPEF)	96
5.3.1.4	Trabajo en mantenimiento programado	97
5.3.1.5	Trabajo en mantenimiento correctivo	99
5.4	Búsqueda de nuevos insumos para el mantenimiento	100
5.4.1	Lubricantes	100
5.4.2	Repuestos	101
5.5	Capacitación del personal sobre nuevas técnicas útiles en el mantenimiento	101
5.6	Propuesta para un programa de mantenimiento predictivo	102
5.6.1	Análisis de vibraciones	102
5.6.2	Análisis de aceites	104
5.6.3	Termografía	108
	<b>CONCLUSIONES</b>	111
	<b>RECOMENDACIONES</b>	115
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	117



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Organigrama Galcasa	3
2. Planta baja oficinas Galcasa	10
3. Planta alta oficinas Galcasa	10
4. Bodega 1 planta de producción Galcasa	11
5. Bodega 2 planta de producción Galcasa	11
6. Proceso de producción lámina galvanizada	13
7. Perfil de lámina acanalada	17
8. Graficas de mantenimiento preventivo	19
9. Orden de trabajo	52
10. Ficha de maquinaria	57
11. Historial de fallos	59
12. Control de paros	61

13. Ficha de chequeo para la inspección grupo 1	63
14. Ficha de chequeo para la inspección grupo 2	64
15. Ficha de chequeo para la inspección grupo 3	65
16. Ficha de chequeo para la inspección grupo 4	66
17. Control de ordenes de trabajo	70
18. Requisición de materiales	72
19. Reporte mensual	74
20. Calendario de inspecciones y visitas de mantenimiento	80

## **TABLAS**

I. Grosor de lámina	6
II. Calibres y espesores	7
III. Peso de lámina galvanizada	7
IV. peso lámina galvanizada lisa	8
V. Medida de lámina acanalada	8

VI. Análisis de costos del plan	82
VII. Costos de los insumos	83
VIII. Análisis beneficio/costo	85
IX. Informe de análisis de aceites	107



## GLOSARIO

<b>Componente</b>	Ingenio esencial al funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física que, conjugado a otro(s), crea(n) el potencial de realizar un trabajo.
<b>Defecto</b>	Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.
<b>Equipo</b>	Conjunto de componentes interconectados, con los que se realiza materialmente una actividad de una instalación.
<b>Falla</b>	Finalización de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.
<b>Item</b>	Término general para indicar un equipo, obra o instalación.
<b>Lubricación</b>	Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, complementaciones, exámenes y análisis de los lubricantes.
<b>Mantenimiento</b>	Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

## **Mantenimiento**

**correctivo** Es el mantenimiento que se ejecuta a un activo después de ocurrida la falla del mismo, por lo que se debe de corregir todos los componentes fallidos en el evento.

**Mantenibilidad** Facilidad de un ítem en ser mantenido o recolocado en condiciones de ejecutar sus funciones requeridas.

## **Mantenimiento**

**Predictivo** Es aquel mantenimiento que permite hacer una predicción del activo en cuestión, por medio de las técnicas cuales quiera utilizar llámese (análisis de vibraciones, mediciones eléctricas voltaje, amperaje, resistencia, ultrasonidos, medición de espesores, termografías, etc) y que se les pueda aplicar al activo claro.

## **Mantenimiento**

**preventivo** Es el que con base a fechas calendarizadas se programa un activo para su mantenimiento, claro las fechas se determinan de tal manera que, según las condiciones de operación permitan que el equipo no alcance el deterioro tal que falle; y de esta manera prevenir antes que se presente la falle.

## **Mantenimiento**

**preventivo por tiempo** Mantenimiento efectuado a partir de un programa pre-establecido.

## **Mantenimiento**

**selectivo** Servicios de cambio de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios, de acuerdo con recomendaciones de fabricantes o entidades de investigación.

**Pieza** Cada una de las partes de un conjunto o de un todo (en este caso equipo).

**Parada general** Lo mismo que Reparación General.

**Inspección** Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad.

## **Reparación**

**mayor** Servicio de mantenimiento de los equipos de gran porte, que interrumpen la producción.



## RESUMEN

El mantenimiento es necesario en cualquier tipo de maquinaria, sin importar qué tipo de mantenimiento se realice en la maquinaria lo importante es que se realice la tarea. Los ingenieros tendrán que buscar que tipo de mantenimiento es el adecuado de acuerdo con las necesidades de la empresa y de la maquinaria, ya que no solo se trata de hacer que todo funcione, sino que lo haga al menor costo posible.

El primer capítulo, trata sobre el proceso de galvanizado y en los conceptos de mantenimiento, con lo cual, se pretende que se conozca qué maquinaria se le dará mantenimiento y bajo qué conceptos nos guiamos para poder decir que lo necesita.

En el segundo capítulo, se hace una explicación de la situación actual de la empresa en lo que a mantenimiento respecta, ya que se cuenta actualmente con un programa de mantenimiento, pero el cual no es el más adecuado para mantener a la maquinaria en óptimas condiciones, según los requerimientos de producción.

En el tercer capítulo, se presentan las formas con las cuales se va a llevar el control del mantenimiento preventivo desde las órdenes de trabajo hasta los resúmenes mensuales, se trata de distribuir la maquinaria de forma tal que se dé mantenimiento preventivo a los ítems que tengan tiempos similares de duración en sus componentes o que estén sometidos a trabajos similares, por lo cual su mantenimiento va a ser con períodos de tiempo similares.

En el cuarto capítulo, se contemplan todos los pasos que se deben seguir para poder implementar eficazmente el plan, se analizan diversos aspectos que son importantes, si se quiere que el programa tenga un buen futuro.

El quinto capítulo, trata de cómo podemos ir mejorando continuamente nuestro plan de mantenimiento, las distintas formas que tenemos de medir si los resultados que se están obteniendo son los deseados y si no lo son, corregir lo que se este haciendo mal.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Diseñar por medio de la evaluación diagnóstica de la maquinaria un programa de Mantenimiento Preventivo para una línea de galvanizado de láminas, de acuerdo con las exigencias de la línea de producción.

### **Específicos**

1. Evaluar por medio de un estudio técnico, el método actual de mantenimiento y su incidencia en los paros no programados de producción.
2. Evaluar por medio de un estudio de fallas, el estado actual de la maquinaria de la línea de galvanizado.
3. Determinar por medio de un estudio técnico, el funcionamiento actual del departamento de mantenimiento de una empresa de galvanizado de láminas.
4. Encontrar por medio del análisis del proceso, puntos críticos para el mantenimiento, dentro de la línea de galvanizado los cuales hagan más difíciles las labores, ya sea por su localización o por su trabajo dentro de la línea de producción.

5. Diseñar a través de un estudio técnico, un programa de mantenimiento que haga más productiva la línea de galvanizado y que cumpla con los requisitos de producción de la misma, a fin de evitar retrasos en la entrega del producto por motivos de mantenimiento.
  
6. Dar las recomendaciones necesarias para hacer más productivo el mantenimiento de la línea.
  
7. Dar al estudiante de Ingeniería Mecánica Industrial, una guía práctica de cómo se diseña un programa de mantenimiento preventivo.

## INTRODUCCIÓN

El realizar un programa de Mantenimiento Preventivo es sumamente importante debido a que es la forma en la que podemos mantener la maquinaria según las especificaciones que necesitamos para nuestra producción, el mantenimiento tiene muchos costos directos e indirectos los cuales deben ser analizados a fondo ya que tienen gran repercusión en el buen funcionamiento de la empresa, para que un programa de mantenimiento preventivo funcione dentro de una línea de producción debe de estar adecuado a las exigencias de la misma, si hacemos que las personas encargadas de la línea de producción se involucren en el diseño del programa lograremos hacerlo sumamente productivo para todos, ya que coordinaremos de forma mas sencilla las tareas de mantenimiento con las exigencias de producción.

Actualmente, Guatemala ha ratificado el tratado de libre comercio, lo cual implica oportunidades para las empresas de expandirse a nuevos mercados, si una empresa desea abrirse paso dentro de la gran cantidad de competidores que existen debe tomar en cuenta que la calidad de su producto debe ser la mejor, la calidad de un producto depende de muchos factores entre ellos el buen estado de la maquinaria que lo produce, para lo cual influye en gran manera un programa de mantenimiento adecuado, ayudando éste a que podamos ser más productivos y competitivos a nivel nacional como internacional.

# DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO

## 1.1 Descripción general

Galvanizadora Centroamericana S.A., es una empresa fundada hace 40 años, la cual es filial de Industrias Mitsubishi Corporation, dedicada al galvanizado de láminas la cual es de distintos calibres y los cuales pueden ser lisos y corrugados, posee una capacidad instalada de 2000 toneladas al mes, esta situada en la 8 calle 1-48 zona 1. De Villa Nueva, Guatemala. Es una empresa muy identificada con el deporte ya que dentro de sus instalaciones cuenta con un estadio de fútbol ya que hace algún tiempo se contaba con un equipo en la liga nacional de Guatemala, también se cuenta un gimnasio, canchas de tenis etc. Además de eso se motiva a los empleados a la práctica del deporte.

Existe solamente una línea de galvanizado por la cual pasan los distintos tipos de lamina a galvanizar la materia prima utilizada es de distintas partes del mundo como lo de Japón, Venezuela, y de Nicaragua pero la mas utilizada es la de Japón por su calidad.

Para una mejor comprensión continuación se hace una descripción más detallada de lo que es la empresa Galvanizadora Centroamericana S.A.

### **1.1.1 Misión, Visión, Valores**

#### Visión

Apoyar el desarrollo de nuestra gente a través del trabajo y el deporte.

#### Misión

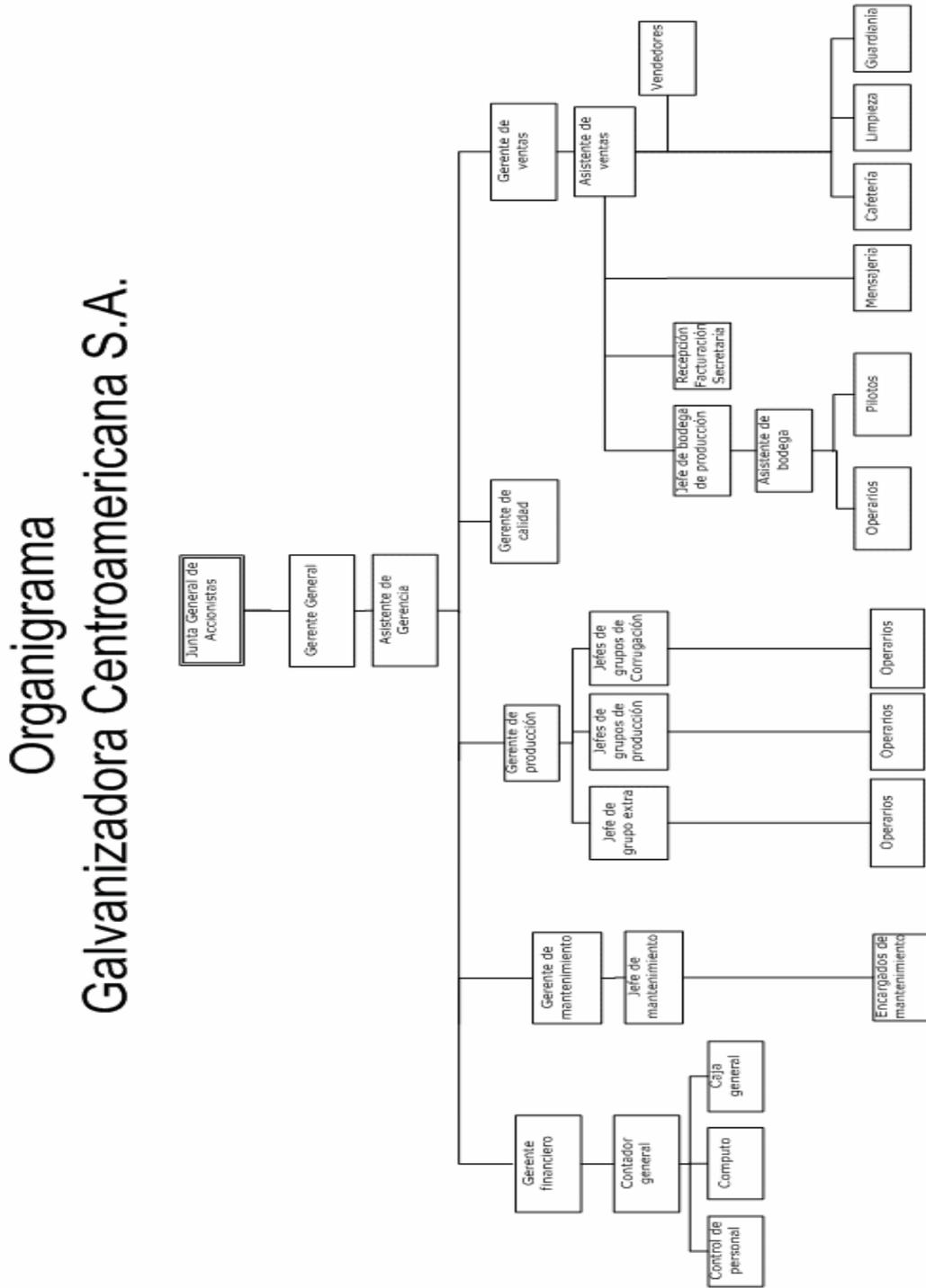
Satisfacer las necesidades de nuestros clientes en lo que se refiere a lámina galvanizada así como brindar la más alta calidad en productos y servicio al cliente y proporcionar a nuestros colaboradores y accionistas seguridad en su inversión.

#### Valores:

- Justicia
- Lealtad
- Calidad

## 1.1.2 Organigrama

Figura 1. Organigrama Galcasa



### **1.1.3 Recursos humanos**

En total la empresa utiliza alrededor de ochenta trabajadores en planta, se trabajan tres turnos de ocho horas cada uno, para las tareas de producción no se requiere mano de obra especializada ya que las tareas son rutinarias sin embargo el nivel de escolaridad de el nivel operativo es de 6to primaria. Existen tres grupos de trabajo para la planta y uno llamado grupo extra el cual generalmente realiza diversas tareas para asistir a la línea de galvanizado pero cuando falta algún trabajador de algún grupo de turno el un miembro del grupo extra sustituye a el trabajador que hizo falta. El horario de trabajo para los diferentes grupos es de 8 horas al día de lunes a sábado, los distintos horarios de entrada y salida son a las 6:00 de la mañana, a las 14:00 y a las 22:00, solo el departamento de mantenimiento trabaja jornada diurna especial la cual es de 9 horas al día de lunes a jueves y 8 el viernes el horario del departamento de mantenimiento es de 7:00 a 17:00 horas.

### **1.1.4 Maquinaria y equipo**

El proceso que utiliza Galcasa para galvanizar láminas desde la recepción de la materia prima hasta llegar al producto terminado se puede dividir en tres partes: en corte, galvanizado y corrugado en las cuales describiremos su maquinaria y equipo, por ejemplo en el área de corte se cuenta con tres guillotinas de las cuales dos están automatizadas en parte del proceso y una es manual, dentro del área de galvanizado se cuenta con quemadores para el horno, se cuenta con dos calderas marcas Fultón y Cléber broocks las cuales abastecen de vapor a la línea de galvanizado y a los tanques de desoxidación, también se cuenta con una torre de enfriamiento, además existen motores eléctricos que son los que hacen mover la los distintos equipos, se cuenta con una niveladora, se cuenta con equipos de ventilación como lo son extractores de humo, ventiladores para

el edificio, sistema de ventilación para enfriar las láminas, en el área de corrugación se cuenta con dos maquinas corrugadoras las cuales son las encargadas de hacer los canales de las laminas. Para los movimientos dentro de la planta con cuatro grúas, una de 15 toneladas dos de 5 y una de 3 toneladas las cuales se utilizan en principio para descargar la materia prima como el zinc, el cobre, los rollos de lámina, para transporte de paquetes de lámina cortada, paquetes de lámina galvanizada, labores de mantenimiento, para el movimiento de los rodillos que se utilizan dentro del proceso etc.

### **1.1.5 Productos**

El producto de la empresa es la lámina galvanizada acanalada y lisa de diferentes tamaños y espesores como se muestra en las tablas I, II, III, IV.

**Tabla I. grosor de lámina negra Peso (libra) \* largo (pie) (ancho 914 m.m.)**

ESPESOR LÁMINA NEGRA	6'	7'	8'	9'	10'	12'	13'
0.90	24-12	28-14	33-00	37-02	41-04	49-08	57-12
0.75	21-06	24-15	28-08	32-01	35-10	42-12	49-14
0.61	17-10	20-09	23-08	26-07	29-06	35-04	41-02
0.60	17-04	20-02	23-00	25-14	28-12	34-08	40-04
0.38	11-04	13-02	15-00	16-14	18-12	22-08	26-04
0.32	09-00	10-08	12-00	13-08	15-00	18-00	21-00
0.31	08-10	10-01	11-08	12-15	14-06	17-04	20-02
0.26	07-08	08-12	10-00	11-04	12-08	15-00	17-08
0.25	07-02	08-05	09-08	10-11	11-14	14-04	16-10
0.24	06-12	07-14	09-00	10-02	11-04	13-08	15-12
0.22	06-06	07-07	08-08	09-09	10-10	12-12	14-14
0.20	06-00	07-00	08-00	09-00	10-00	12-00	14-00

**Tabla II. Calibres y Espesores**

CALIBRE LÁMINA	ESPESOR	
	PULGADAS	M.M.
31	0.0079	0.20
28 M.M.	0.0094	0.24
28	0.0122	0.31
26	0.0150	0.38
24	0.0236	0.60
22	0.0295	0.75
20	0.0354	0.90

**Peso de lámina Galvanizada**

**Tabla III. Lámina galvanizada**

medida calibre	6'	7'	8'	9'	10'	12'	14'
S.E.	6-05	7-06	8-07	9-08	10-09	12-10	14-12
28 M. M.	7-08	8-12	10-00	11-04	13-03	15-00	17-08
28	9-10	11-04	12-14	14-07	16-03	19-05	22-08
26	11-08	13-07	15-05	17-04	19-02	28-00	26-23

**Tabla IV. Lámina lisa**

medida Calibre	6'	7'	8'	9'	10'	12'	14'
20	26-07	30-14	35-04	39-11	44-01	52-15	61-12
22	22-11	26-07	30-04	34-00	37-13	45-06	52-15
24	18-05	21-06	24-07	27-07	30-08	36-10	45-11
26	11-07	13-05	15-04	17-02	19-00	22-13	26-10
28	09-12	11-05	13-00	14-09	16-03	19-07	22-11
28 M.M.	7-12	9-01	10-05	11-10	12-15	15-08	18-01

Nota: el peso esta dado en libras-onzas

**Tabla V. Lámina acanalada**

ANCHO TOTAL		ANCHO UTIL	
MTS.	PIES	MTS	PIES
0.813	2.667	0.70	2.297

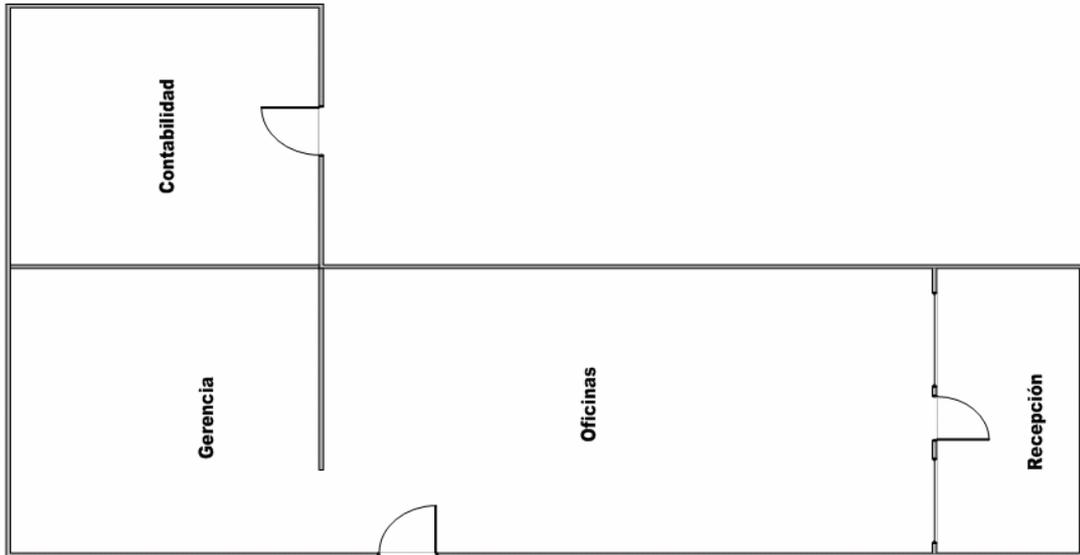
### **1.1.6 Mercados**

Los mercados a los cuales esta enfocada la producción de la planta son los países Centro Americanos, parte del caribe y en el sur de México, para ser mas específicos el Guatemala se atiende a los departamentos de la costa sur, occidente, norte y un pequeña parte oriente, se cuenta con una política con la cual la empresa a cedido cierta exclusividad a los clientes antiguos lo cual hace difícil para la empresa hacer nuevos clientes dentro de estas áreas, la mayor parte de lámina que se vende se le vende solamente a mayoristas las ventas al menudeo se realizan dentro de la empresa y los interesados deben llegar a la planta a comprar el producto. En Centroamérica se tiene como clientes Salvador, Nicaragua y Honduras en el caribe se le vende a cuba y Republica Dominicana pero las ventas que se han realizado son por medio ONG's quienes la utilizan como ayudas internacionales, el producto que se vende en México es una lamina llamada Galuzinc el cual es una lámina que esta galvanizada pero a base de aluminio y zinc la cual es traída de Bélgica y la empresa solamente la acanala y la vende, este producto tiene la propiedad de tener la temperatura del lugar donde es colocada 4 grados centígrados menos que con la lámina común.

### **1.1.7 Infraestructura**

La planta cuenta con un edificio de segunda categoría, tiene gran superficie cubierta para área de carga y descarga, cuenta con cafetería, gimnasio y áreas deportivas, las áreas de circulación dentro de la planta están pavimentadas, Para el área de oficinas se cuenta con un edificio de primera categoría en el cual se albergan todos los departamentos de la empresa, actualmente se esta haciendo una ampliación de las oficinas para alojar de mejor forma los distintos departamentos de la empresa como se puede ver en las figuras 1 y 2 las figuras 4 y 5 son la descripción de la planta de producción.

**Figura 2. Planta baja oficinas Galcasa**



**Figura 3. Planta alta ampliación oficinas galcasa**

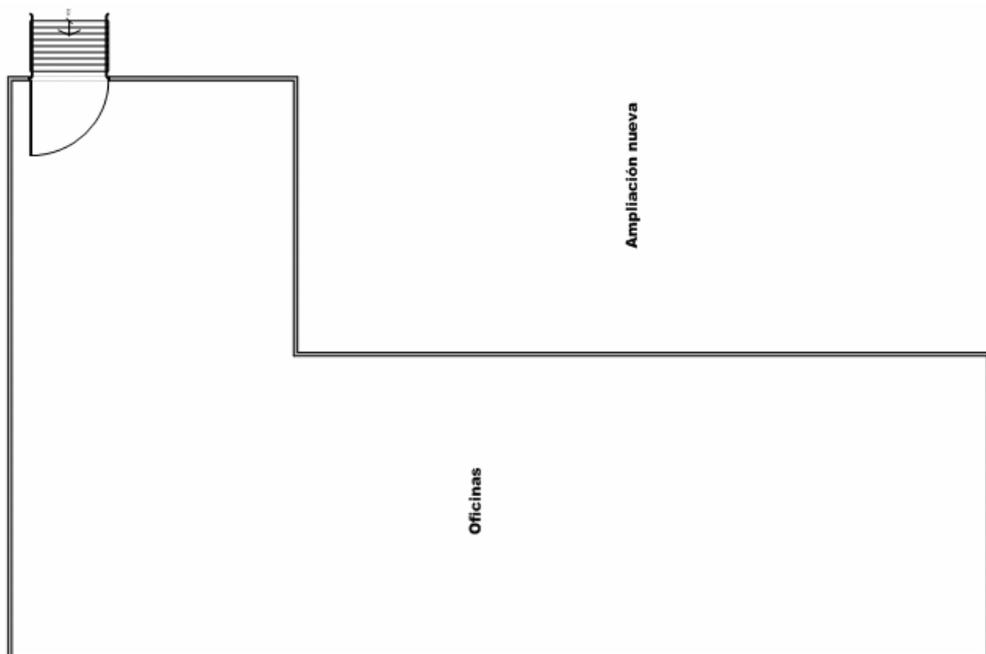


Figura 4. Bodega 1 planta de producción Galcasa

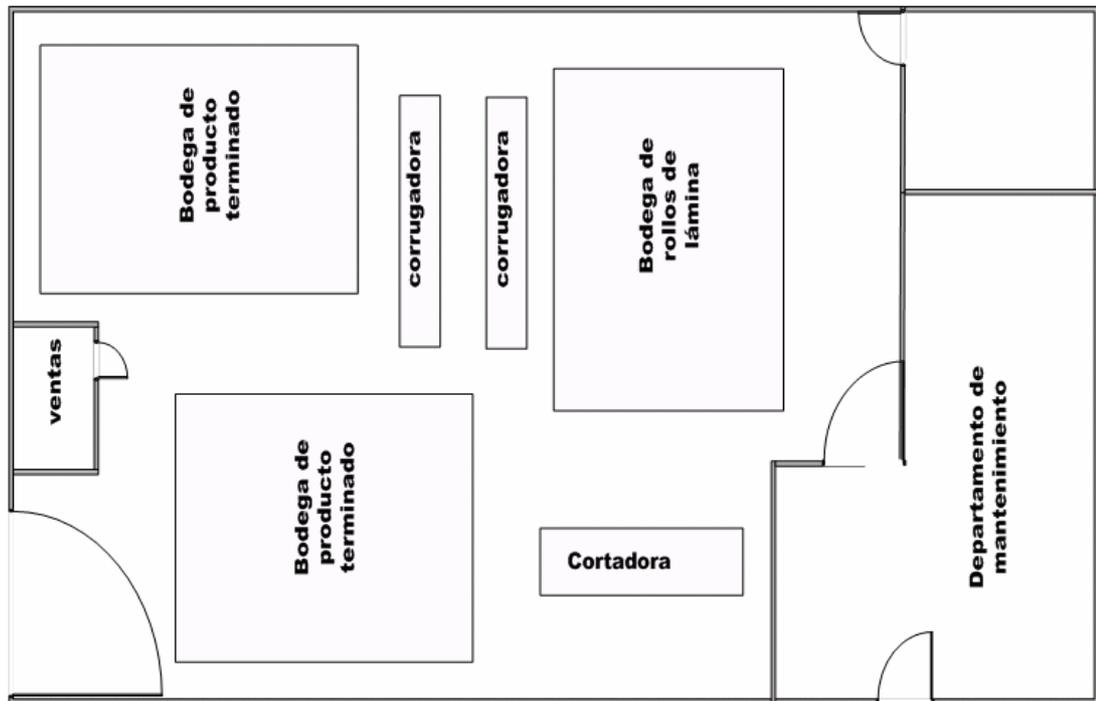
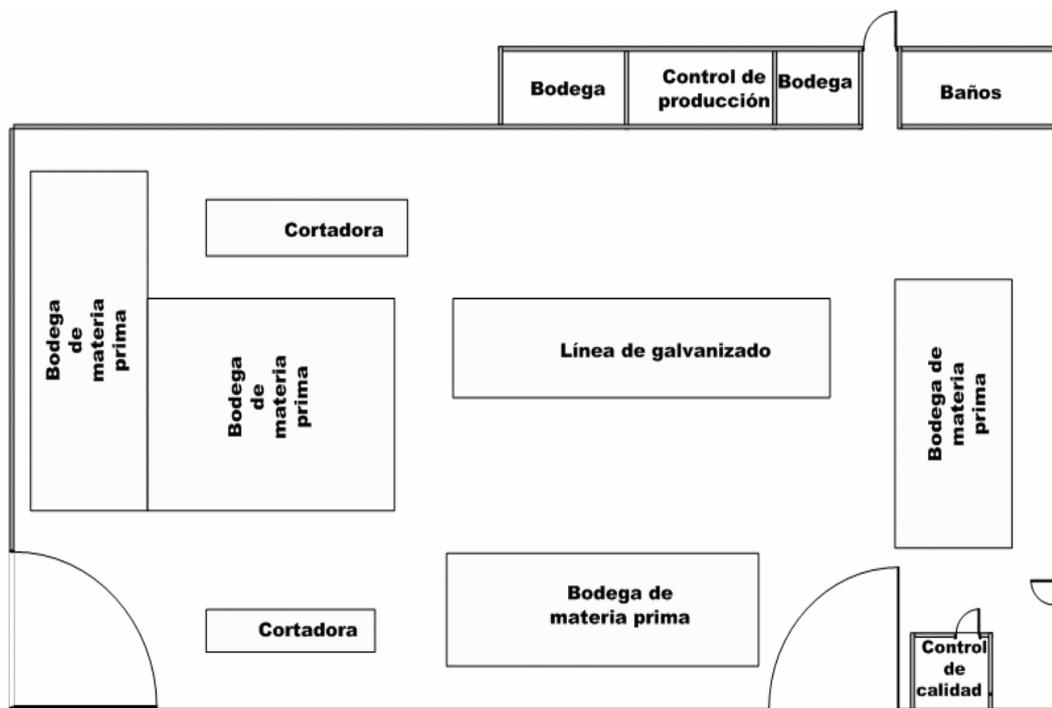


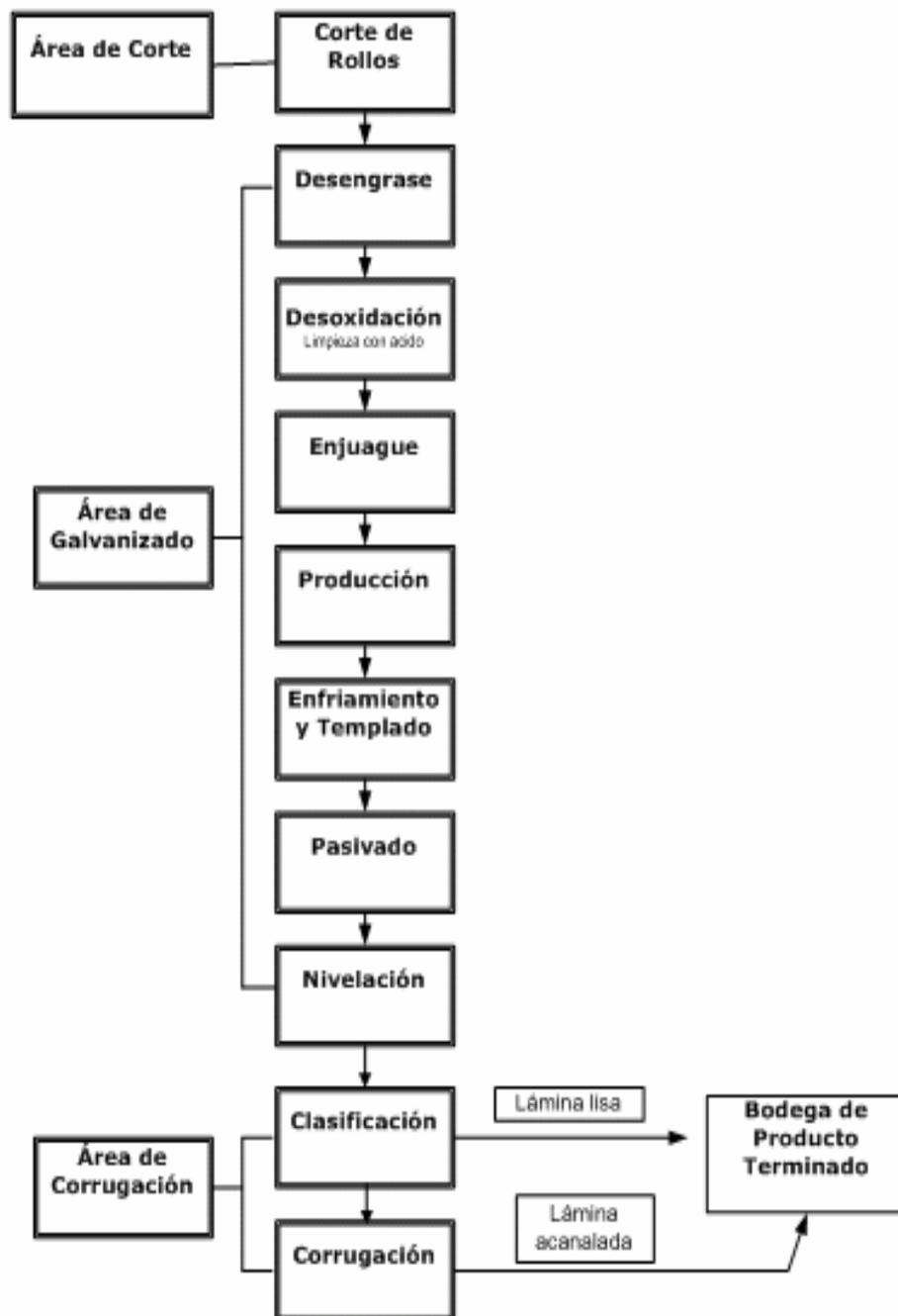
Figura 5. Bodega 2 planta de producción Galcasa



## **1.2 Descripción del proceso**

Este se compone de tres partes esenciales como lo son corte, galvanizado y corrugado, en el galvanizado se utiliza materia prima que proviene de distintas partes del mundo como lo es de Venezuela, de Japón, de Nicaragua entre la materia prima necesaria para el galvanizado podemos mencionar la lámina, plomo, zinc, azufre, amonio, antimonio, estaño. A continuación se describe cada una de las etapas del proceso del galvanizado de lámina que se realiza en Galcasa a través de la figura 6.

Figura 6. Proceso de producción lámina galvanizada



### **1.2.1 Área de corte**

La lámina llega en rollos de diferentes pesos, el peso depende del calibre, dependiendo del uso que se le dará a la lámina el rollo al llegar será almacenado o será utilizado rápidamente, el área de corte de lámina cuenta con tres cortadoras de las cuales dos están automatizadas en parte del proceso de corte, el proceso de corte inicia con la colocación del rollo en la base ya colocado el rollo esta pasa por la mesa de trabajo en la cual esta instalada una guillotina se coloca un patrón del tamaño de la lámina a cortar, en la cortadora manual el corte de la lámina lo realiza un operario, cuando la lámina llega a la longitud que se necesita esta topa lo cual observa el operador y este acciona con el pie la guillotina lo cual corta la lámina, cuando ya esta cortada la lámina otro operador jala y empuja la lámina para que llegue a lugar donde otro operador la acomoda en un solo paquete.

En las cortadoras automáticas es necesario cargar el rollo manualmente luego todo el corte y el transporte esta manejado por sensores y motores eléctricos al final solo hay un operador el cual acomoda la lámina en un solo paquete, cuando ya esta cortada la cantidad de lámina puede tomar dos caminos ya sea a bodega o directamente a la línea de galvanizado.

### **1.2.2 Área de galvanizado**

El proceso de galvanizado inicia con la colocación de las láminas en las mesas donde un operador introduce las láminas en los rodillos los cuales halan la lámina en este punto la lámina ingresa en un proceso de limpiado el cual consta de tres etapas:

## Desengrase

La lámina ingresa en una pileta la cual se encuentra llena de alino el cual es un jabón que sirve para eliminar diferentes aceites protectores que recubren la lámina negra, esta limpieza se realiza a través de una reacción de saponificación.

## Desoxidación

Al salir de la pileta de alino la lámina ingresa a la pileta de desoxidación en donde es decapada, esto se realiza por medio de agentes de tipo ácido, actualmente se realiza con ácido.

## Enjuague

En esta etapa lo que se persigue es la eliminación de residuos de ácido que pudieran haber quedado luego de la desoxidación y además se busca elevar la temperatura de la lámina para que no exista choque térmico a su ingreso al perol.

## Producción

Este proceso se realiza por medio de inmersión, se tiene un perol el cual está lleno de plomo, zinc, antimonio, estaño en diferentes proporciones, la lámina se hace pasar a través de la guía de kettle la cual está inmersa en los metales los cuales están en estado líquido, al pasar la lámina en la guía se realiza una aleación metálica del plomo y zinc los cuales se adhieren a la lámina.

## Enfriamiento y Templado

Al salir la lámina del proceso de galvanización sale a alta temperatura y es transportada por medio de cadenas en este transporte las láminas son enfriados por medio de ductos de aire que se encuentran por encima de la láminas luego de este enfriamiento por medio de aire la lámina es inmersa en una pileta la cual contiene agua lo cual le sirve a las láminas para ser templadas.

## Pasivado

En esta etapa la lámina pasa por el proceso de cromatizado y a la vez también contribuye para terminar de enfriar la lámina.

## Nivelación

Esta es la ultima parte de la línea de galvanizado, en esta se hace que la lámina quede con la mayor plenitud posible, esto se hace por medio de una niveladora, luego de la nivelación se procede a clasificar si es de primera o de segundo y el respectivo estampado del sello de la fabrica.

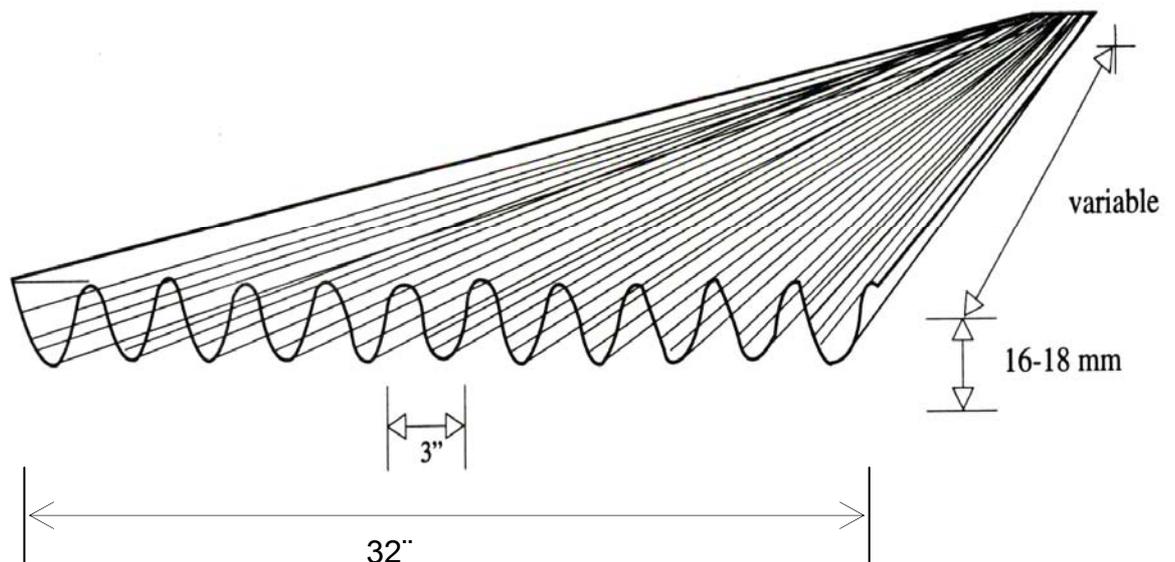
### **1.2.3 Área de corrugación**

Luego de ser galvanizada la lámina, se procede a clasificarla a manera de elegir cual será la que se quedara lisa y la que será corrugada. En el proceso de corrugado la lámina es pasada a través de una maquina corrugadora la cual le hace los canales a la lámina por medio de presión.

La corrugación se realiza de acuerdo con la Japanese Industrial Standard, norma g 3316-1987, la figura 7 muestra el perfil de una lámina las y características de la corrugación son:

1. Tipo de Corrugación:    Corrugación Grande ( canal profundo )
2. Amplitud entre canales:   3 pulgadas
3. Profundidad de canal:    entre 16 y 18 mm.
4. Número de canales:       11

Figura 7. Perfil de lámina acanalada



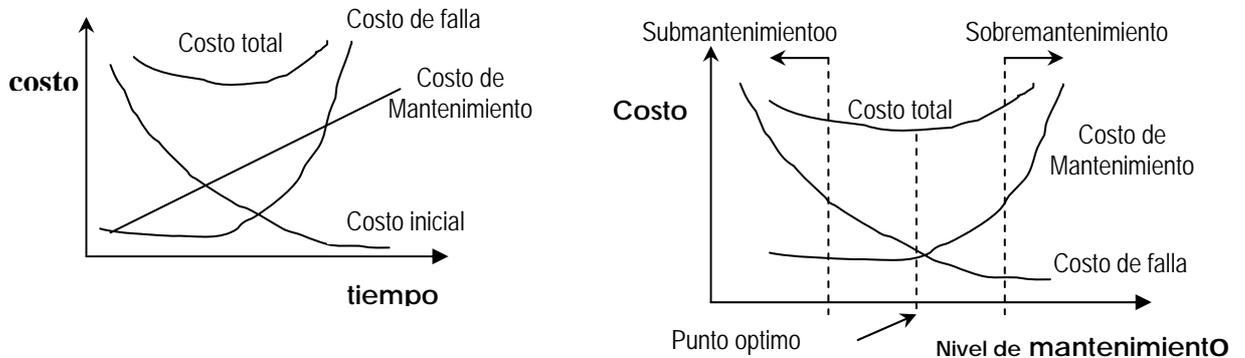
### 1.3 Conceptos de mantenimiento

El mantenimiento este constituido por todas las actividades destinadas a mantener la maquinaria en las mejores condiciones posibles de funcionamiento.

- **Para el administrador el objetivo del mantenimiento es:** la conservación, ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones etc.
  
- **En las labores de mantenimiento los factores esenciales son:**
  1. Calidad económica del servicio.
  2. Duración adecuada del equipo.
  3. Costo mínimo de mantenimiento.

En las graficas se presenta un análisis de los costos del mantenimiento, observamos como al inicio la maquinaria por ser nueva implica demasiados costos de mantenimiento lo que podemos denominar como submantenimiento pero conforme pasa el tiempo el costo de mantenimiento aumenta hasta que llega un punto en el cual ya no es rentable tener funcionando la maquinaria debido al alto costo de mantenimiento que representa para la empresa a lo que denominamos sobremantenimiento, estas graficas nos dan un panorama claro de que el mantenimiento no trata de hacer que la maquinaria este funcionando por siempre sino que funcione durante su vida útil y después dejar de utilizarla para sustituirla por una que sea rentable para la empresa. el punto optimo se presenta donde se interceptan la grafica de el costo de mantenimiento y el costo de falla.

**Figura 8. Graficas de mantenimiento preventivo**



Monroy Fredy Principios Básicos de Mantenimiento pg. 10

### 1.3.1 Costo total de servicio

COSTO TOTAL DE SERVICIO (CT = CI+CM+CM):

Costo inicial del equipo considerando su depreciación (CI): acarrea costo elevado, sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compense por ser los costos de mantenimientos bajos, pues la expectativa de falla es menor, la figura 8 demuestra el comportamiento de una maquina frente al mantenimiento.

Costo de mantenimiento considerando su incremento (CM): conforme envejece el equipo, sus componentes se desgastan aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia los gastos de mantenimiento son mayores.

Costo de falta de servicio (CM): costo por falla, causa perdidas en el ingreso que origina la presentación del mismo, de tal manera que el costo total aumenta tanto que se ha prohibitivo el uso del equipo.

### **1.3.2 Factores que subrayan la importancia del mantenimiento**

El costo del mantenimiento industrial incluyendo las tramas de construcción y servicios es cada vez mayor. Estudios revelan que representan 5% del valor de las ventas (en la industria del acero llega al 12%).

Creciente mecanización: es cada vez mayor en la industria, ha reducido el costo de mano de obra directa; pero a la vez ha impuesto la exigencia de conservar debidamente los medios de producción y el servicio que presenta.

Aumento de inventarios de repuestos: la mecanización de la industria y la complejidad de los elementos que la forman exige la existencia de repuestos y accesorios.

Controles más estrictos de producción: aun cuando esta clase de controles han reducido al mínimo los inventarios de materiales entre las distintas operaciones, ha provocado que sea mayor el impacto de las interrupciones en la producción "mayor costo de inventarios por espacio y manipuleo".

Plazos de entrega cortos: han hecho que disminuyan los inventarios de productos terminados proporcionando un mejor servicio al cliente, al mismo tiempo han aumentado el efecto perjudicial de las interrupciones en la producción.

Exigencias crecientes de buena calidad: una buena calidad en el producto terminado mejora las ventas, pero también hace relevante la urgencia de corregir cualquier condición impropia de producción como de la calidad de la misma.

Costos mayores: son el resultado de una mano de obra cada vez más cara y el constante aumento de los precios de materia prima y accesorios.

### **1.3.3 Actitudes respecto del mantenimiento susceptibles de mejorar**

Desconocimiento de la función del mantenimiento: a menudo se descuida la función del mantenimiento ya que para muchas empresas es un mal necesario, existen varios síntomas.

- a. Instalaciones deficientes.
- b. Numerosos paros de maquinas.
- c. Frecuentes horas extraordinarias de trabajo.
- d. Preparación inadecuada del personal de mantenimiento.
- e. Falta de programas de reposición de componente de equipo.

No se aplican principios de administración al mantenimiento: es común encontrar que los programas de mantenimiento se hacen al margen de los principios de administración, tales como.

- a. Control de costos.
- b. Planificación orgánica.
- c. Procedimientos escritos.
- d. Medición de desempeño.
- e. Técnicas de motivación.
- f. Planeación y programación.
- g. Programas de adiestramiento.

Adiestramiento deficiente a directores y supervisores del mantenimiento: generalmente los directores de mantenimiento se eligen tomando en cuenta sus conocimientos técnicos y su antigüedad en la empresa o en su defecto provienen de grupos de directores de otras ramas, llevándose a cabo rara vez programas de adiestramiento con motivo del ascenso, dando como resultado que los directores de mantenimiento tengan mucha capacidad técnica pero poca o ninguna habilidad administrativa.

Posibilidad de reducir costos: se ve limitada en virtud del menosprecio con que se ha visto la función del mantenimiento y la falta de control de costos, siendo posible lograr la disminución de los mismos a través de:

- a. Mayor productividad de la mano de obra por programación y medidas del desempeño.
- b. Mejor control de costos extraordinarios como tiempo adicional de trabajo, repuestos, etc.
- c. Reducción de labores innecesarias por acciones preventivas, mejores métodos y herramientas.

#### **1.3.4 Eficiencia del mantenimiento**

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

Desde el punto de vista de control de mano de obra; es eficaz si todo el personal trabaja en todo momento sobre un nivel normalizado de esfuerzo, sin excederse en cuanto a tiempo desocupado razonable y necesario.

Desde el punto de vista de control de costos; la eficiencia del mantenimiento podrá medirse en función de la capacidad del departamento del mismo a fin de no sobrepasar su presupuesto de materiales y mano de obra.

#### **1.3.5 Actividades de mantenimiento**

Tienen como objetivo conservar en perfecto estado de funcionamiento todos los elementos productivos de la empresa, para lograr su máximo rendimiento, con la calidad adecuada y con un mínimo costo. Implica las siguientes actividades:

- a. Eliminar averías sistemáticas, que producen un aumento en los costos de mantenimiento.
- b. Repara las averías que puedan producirse en maquinas e instalaciones en un mínimo tiempo.
- c. Verificar la calidad de fabricación de maquinas e instalaciones para evitar deterioros prematuros.
- d. Reacondicionar maquinas e instalaciones para conseguir un estado próximo al que tenían nuevas.
- e. Prever las posibles averías con anticipación suficiente para que estas no se produzcan, eliminando los paras imprevistos.

- f. Realizar una correcta gestión de existencia de repuestos y de materiales de mantenimiento para disminuir las inmovilizaciones de almacén.

### **1.3.6 Funciones específicas del mantenimiento.**

Se clasifican en tres tipos de acuerdo con la naturaleza de su actuación:

#### **1.3.6.1 Mantenimiento de avería**

Esta función se subdivide en reparación y mantenimiento de avería.

#### **1.3.6.2 Reparación de avería**

Se le llama también curativo, es una reacción que se produce cuando la maquina o instalación ha dejado de funcionar. Su función se inicia al presentarse la avería, es decir se diagnostica y de acuerdo con los resultados del mismo se planean actividades.

#### **1.3.6.3 Mantenimiento de avería**

El tipo de avería ya se ha previsto, sea por medios estadísticos o por instrucciones del fabricante; aunque no se ha localizado en el tiempo. Pero ya se ha elaborado un plan previo de reparación acorde con los recursos con los que se cuenta.

### **1.4 Mantenimiento preventivo**

Es la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de maquinas e instalaciones para programar en los momentos mas oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que trataran de eliminar las averías que originan las interrupciones.

### **1.4.1 Conceptos Importantes para la implantación del mantenimiento preventivo**

Los programas deben revisarse periódicamente, para que se adapten a la situación real de producción, la veracidad de la información es indispensables, el programa debe ser flexible respecto del momento en el cual debe hacerse una revisión.

Condiciones para la implantación: la más importante es la participación ideológica (convencimiento participativo) de todos los sectores involucrados en la marcha del programa. Pleno conocimiento de la necesidad de su implantación; profundo conocimiento del programa de su metodología y administración.

La impaciencia puede destruir el sistema, se requiere un periodo razonable para ver los resultados, el tiempo prudencial es de 2 a 3 años para su implantación, los niveles y departamentos deben estar bien informados de las dificultades que se presentarán para que colaboren de mejor forma. La implantación del programa debe ser progresiva, primero en un área piloto donde se corregirán errores y se mejorarán métodos.

Es necesaria una aplicación selectiva del programa, se debe elegir el equipo que por sus condiciones de producción es crítico y necesita mayor atención. Después de elegir el equipo y las partes a mantener, se debe establecer una ruta de revisiones a éstas.

Implantar el mantenimiento preventivo exige un cambio de mentalidad, una férrea voluntad de hacerlo y un sólido convencimiento de las bondades del sistema.

El principal problema en la implantación es el aumento en los costos de mantenimiento, debido a que en las primeras revisiones se encuentran fallas

que deben corregirse, aumenta tiempos de parada y consumo de repuestos. Se recomienda implantar el mantenimiento preventivo después de reparaciones generales, cuando el equipo esta en optimas condiciones.

#### **1.4.2 Fuentes de información**

Catálogos y manuales del fabricante, planos levantados a la maquinaria, memorias de cálculo si se han realizado mejoras o reparaciones.

#### **1.4.3 Visitas**

Son verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y maquinas para comprobar su estado, para ser considerada como tales, las visitas deben:

- Ser rápidos, deteniendo el equipo (si es necesario) el menor tiempo posible.
- Verificar las inspecciones en el lugar de trabajo, comprobando si el equipo trabaja en condiciones de rendimiento óptimo.

La duración de una visita debe planearse para que no sea mayor de una hora. En el caso de ser necesaria una intervención de mayor duración debe acordarse previamente con producción.

La carga de trabajo, organización y métodos de las visitas deben de ser previamente estudiados con el objeto de:

- Acortar al máximo el tiempo de ejecución.
- Racionalizar las tareas de las visitas.

- Formar o instruir al personal encargado para obtener normalización y disciplina en el trabajo.
- Determinar las herramientas, aparatos de medición etc. Que se emplearan durante la visita

#### **1.4.4 Inspecciones**

Son chequeos rutinarios que abarcan ajustes, limpieza, lubricación y reparaciones son mas profundas que las visitas y de mayor trascendencia por lo que requieren desmontar la maquina, por ello es necesario contar con la herramienta adecuada y equipo especial tal como: equipo de análisis equipo de medición y equipo de lubricación.

La inspección es el corazón de mantenimiento preventivo porque al desarmar detectamos las situaciones anómalas de la maquinaria que estamos revisando

#### **1.4.5 Revisiones preventivas**

Labor sistemática fundamental en el éxito del programa, recoge información del estado de las partes de instalaciones y equipos para detectar posibles fallas, esta información e utiliza para programar una parada de producción

#### **1.4.6 Correcciones programadas**

Son reparaciones que ya están planeadas para ser realizadas Son consecuencia de una revisión preventiva, otra fuente de información para realizar una corrección son los operarios, por su experiencia acerca de

niveles de ruido, vibraciones, temperatura, anomalías, etc. la retroalimentación es muy importante para el éxito del programa

#### **1.4.7 Organización de un departamento de mantenimiento**

Etapas del proceso administrativo: se aplican las técnicas y principios de la administración por objetivos; planeación, dirección, organización y control.

El alto costo de mantenimiento se refleja en el precio de un producto, al controlar este costo podrá establecerse un precio más competitivo en el mercado. Una solución del problema de elevado costo de mantenimiento y baja producción es la planeación del mantenimiento. Las averías repentinas no solo cuestan dinero, sino que suponen la pérdida de clientes para la compañía y fomentan la confusión y la intranquilidad entre el personal. Las paralizaciones durante las horas laborales regulares dan lugar a que un trabajo de reparación programado, tenga que interrumpirse.

#### **Programación de un departamento de mantenimiento**

La programación es vital para el desarrollo de la labor que se ejecuta, es la determinación de cuando debe realizarse cada parte de la tarea planificada, considerando programas de producción, disponibilidad de material y mano de obra. El objetivo es realizar el trabajo en el tiempo más corto con la mano de obra disponible.

## Función del programador

Desarrollar el programa de mantenimiento realizando sus funciones de acuerdo con los procedimientos establecidos. Debe organizar la información para programar las órdenes de trabajo y rendir informes de cumplimiento, costos e inventarios.

## Tipos de papeles de trabajo

De proceso de ejecución: Se generan diariamente o en intervalos cortos de tiempo, la información se procesa a diario, se archivan un tiempo y luego se desechan, a partir de ellos se obtienen informes, costos y corrección de errores, entre ellos: órdenes de trabajo y órdenes de servicio, informe diario de mantenimiento.

### Acumulativos

Se elaboran una vez y posteriormente se modifican. Entre ellos están:

- Inventario de equipo: registro del equipo, asigna un número de inventario.
- Registro de equipo: los registros son necesarios en el mantenimiento de una planta individual para el anuncio de reparaciones, cambio y piezas de repuesto, asignación de programas de inspección y mantenimiento.

#### **1.4.8 Ventajas del mantenimiento preventivo**

Entre las ventajas que genera el tener un programa de mantenimiento preventivo en las instalaciones de una planta podemos mencionar las siguientes:

- El equipo se conserva en óptimas condiciones de trabajo, no sufre mayor deterioro.
- Satisfacción de parte de quienes realizan el mantenimiento.
- Existe poco desperdicio de materia prima.
- Se cumple con la fecha de entrega a los clientes.
- La fuerza de ventas estará más contenta y motivada para realizar más ventas.
- Se hacen proyectos y presupuestos con más exactitud.
- Al reducirse la improductividad de los equipos, los costos por máquina se reducen también, pudiéndose fijar precios más competitivos.
- Se dispondrán de las herramientas necesarias.
- Se podrá establecer la cantidad mínima y máxima de repuestos, por lo que estos podrán adquirirse con la suficiente anticipación.
- Se podrá programar el trabajo del personal de mantenimiento, esto facilita el que se tenga el tiempo necesario para cumplir con las labores previstas.
- Se evitará en todo lo posible que las fallas pequeñas que no se manifiesten ocasionan daños mayores.
- Se podrán establecer índices para los costos de mantenimiento.
- En conjunto se disminuirán los costos por una adecuada distribución de los recursos humanos y físicos.

## **1.4.9 Funciones del mantenimiento**

### **1.4.9.1 Primarias**

Estas son las funciones a las que principalmente van enfocadas las acciones del mantenimiento preventivo entre las cuales podemos mencionar:

#### Lubricación periódica

Es una de las actividades mas importantes en el mantenimiento preventivo, la vida útil del equipo depende en gran parte de la correcta lubricación, la planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto a la localización de puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, cambio y limpieza del lubricante, viscosidad de los mismos etc. Con estos datos y de acuerdo a las condiciones de trabajo se proceden a la normalización de los lubricantes, debido a que dentro de una planta de producción se cuenta con distintos tipos de maquinarias, de distintos fabricantes, estos darán distintas indicaciones sobre el lubricante a utilizar en sus equipo, pero debemos reducir el número de lubricantes a tener en nuestro inventario de materiales debido al alto costo que implica para esto debemos tabular los requerimientos de la maquinaria respecto a lubricantes y reducir la cantidad de diferentes lubricantes a no mas de 10 y no mas de 4 grasas, luego en la ficha de maquinaria y en el manual de la maquina deben de estar los puntos de la maquina que necesitan lubricación, control de niveles etc.

#### Limpieza

En estas acciones se incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión.

### **1.4.9.2 Secundarias**

#### **Servicios Generales**

Consiste en la vigilancia y mantenimiento en servicio de las instalaciones de la planta, tales como las instalaciones de vapor, agua (caliente y fría), aire comprimido, baja tensión y alta tensión, edificaciones, pistas de acceso y jardinería.

#### **Trasportes internos**

Tiene como acción específica los transportes internos de la planta, asegurando que las líneas y secciones de producción estén provistos en el momento adecuado de materia prima, útiles, herramienta etc. Desplazando de las líneas producto semielaborado, desperdicio acumulado, etc. y en general realizando cualquier transporte interno para el que se requiera.

#### **Trabajos nuevos**

Suele asignársele al mantenimiento este tipo de actividades por lo que debe estar dotado de los medios para realizar cualquier trabajo nuevo que surja en la planta y cuya urgencia o excesivo costo impida su contratación.

Existencia de repuestos y materiales: Tiene por objeto el estudio de los repuestos de máquinas e instalaciones, determinación de existencias, intercambiabilidad de piezas etc. se le asigna la existencia de lubricantes, la gestión del almacenamiento en lo que hace referencia de materiales específicos de máquinas e instalaciones.

## **2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Tipo de mantenimiento**

Ya se cuenta con un departamento de mantenimiento el cual esta encargado de el mantenimiento de todas las instalaciones de la planta, el programa de mantenimiento actual lo podemos definir como correctivo con inicios de preventivo ya que en gran parte lo que se hace es reparar fallas que se producen en el momento, no se programan los servicios por una rutina sino mas bien por la experiencia con la que cuenta el personal de taller, se realiza mantenimiento preventivo en las guillotinas del área de corte en las cuales se realiza cambio aceite, filtros etc. en el resto de la planta se utiliza el mantenimiento correctivo, existen equipos como las calderas en los cuales su mantenimiento esta encargado a empresas especializadas en esos equipos.

### **2.2 Programa de mantenimiento actual**

Se carece actualmente de un programa de mantenimiento por escrito el mantenimiento que se realiza es del tipo correctivo. Se realiza mantenimiento correctivo pero nada con base a un programa, la mayoría de los trabajos sobre la línea de galvanizado son correctivos, se hacen ciertas cosas por escrito tales como el reporte de los trabajos que se realizan esto se hace a través de una ficha llamada orden de trabajo la cual esta diseñada para hacer reparaciones de tipo correctivo, pero a las cuales no se les da seguimiento Se lleva control de las tareas que realizan los encargados de mantenimiento pero no con el fin de perseguir el bien de la maquinaria sino con el objetivo de controlar lo que hace el personal de mantenimiento en el

tiempo en el cual se encuentra trabajando y llamarles la atención si no están ocupando bien su tiempo, el seguimiento que se le da a los reportes es para llevar el control de los materiales y repuestos que se utilizan y así hacer requisiciones cuando sea necesario.

Las reparaciones que se realizan dentro de la línea de galvanizado son mas por la experiencia o el reporte de una falla que por la orden de un mantenimiento a tiempo y adecuado.

### **2.2.1 Organización del departamento de Mantenimiento**

El departamento de Mantenimiento esta organizado de tal forma que existe un Gerente de mantenimiento, un jefe de taller, seis encargados del mantenimiento de la planta, y dos del mantenimiento del resto de la empresa como lo es la jardinería, limpieza etc. entre las actividades que realizan esta el mantenimiento de la maquinaria, la administración de los repuestos y los materiales de la maquinaria, ampliaciones de la planta cuando se requiere, protección de la maquinaria y del personal colocando algún tipo de protección como lo es la señalización, tapaderas etc. sobre las cadenas, sprockets, engranajes etc.

El departamento de Mantenimiento no esta encargado en su totalidad del mantenimiento de la planta, por ejemplo el mantenimiento de las calderas esta a cargo de una empresa contratada para el efecto así como el control del agua de la caldera el cual lo realiza otra empresa dedicada a eso, en el caso de las calderas, el jefe de taller cubre emergencias que presentan las calderas pero cuando el no puede con el problema en ese caso llaman a la empresa encargada de las calderas.

Entre las formas de comunicación que se tiene con el departamento de mantenimiento están memorandos, esta es la forma como se reportan

anomalías en el equipo o en la maquinaria, órdenes de trabajo estas se utilizan cuando se ha hecho una reparación para reportar los trabajos realizados y los materiales y repuestos utilizados en ella.

### **2.2.2 Inventario de repuestos**

El inventario es llevado por uno de los encargados del mantenimiento, es elaborado de forma manual, la requisición de materiales se realiza en base a la experiencia que se tiene con los repuestos o materiales que se utilizan en las actividades de mantenimiento, cuando se esta terminando algún repuesto o algún material como solvente, grasa, wipe etc. necesario para el mantenimiento hace el pedido para que lleven cierta cantidad de ese repuesto o material, la cantidad es calculada en base a la experiencia del jefe de taller y de la persona que lleva el inventario de repuestos. Se cuenta con tres bodegas para guardar el inventario de repuestos o materiales en las cuales se guardan los materiales, repuestos y equipos necesarios para el mantenimiento de la empresa.

Para tener el control de lo que ingresa se tiene un formato de recepción de materiales en el cual se suministran detalles como fecha de recepción, proveedor, número de factura, número de requisición, número de orden de compra, cantidad, descripción, precio, quien lo recibió y firma de los responsables.

### **2.2.3 Control y supervisión del mantenimiento**

El control del mantenimiento se realiza mediante reportes que el jefe de taller realiza después de hacer una reparación estos los hace por medio de una “orden de trabajo” la cual se hace cuando ya se ha hecho la reparación, también los encargados de mantenimiento llevan un control diario de sus actividades que sirve de control de trabajos de mantenimiento y como control de labores, cuando se realiza una reparación de importancia dentro de la

planta el jefe de taller es quien da el visto bueno del trabajo realizado en los casos en los cuales la reparación no es demasiado exigente la misma persona que realiza el mantenimiento da su visto bueno sobre la reparación.

El control de trabajos que lleva cada encargado de mantenimiento es sobre todo para poder llevar el control del tiempo que este se tarda en hacer una reparación, ya sea dentro del proceso de producción de la empresa o alguna reparación general de la planta,

#### **2.2.4 Actitudes respecto al mantenimiento**

Se piensa que algunos desperfectos que suceden en la línea de producción están dentro de lo normal porque hace cierto tiempo estos se daban mucho mas seguido, la gerencia esta en contra de dar horas extras de trabajo de mantenimiento, pero a veces debe darlas debido a que hay maquinaria que no se le puede hacer el servicio en la semana laboral ya que se interrumpiría el trabajo de la línea por demasiado tiempo, pero de estar bien planeado el trabajo no habría necesidad de hacer horas extras ya que generalmente el trabajo no es muy cargado dentro del departamento de mantenimiento.

No se tiene un control eficiente por escrito del mantenimiento ya que se tienen ciertas formas que deben llenarse al hacer una reparación la cuales en ocasiones no se hacen o no se les da el seguimiento adecuado, el departamento de personal no cuenta con las técnicas de motivación necesarias para que los encargados de mantenimiento pongan el empeño necesario en el cuidado de la maquinaria, no se cuenta con un programa de medición de la eficiencia mantenimiento que se hace en la línea de galvanizado.

### **2.2.5 Actividades de mantenimiento**

Entre las actividades que el departamento de mantenimiento realiza esta el hacer cualquier reparación necesaria de los equipos de producción de la lámina como lo son las cortadoras en las cuales se tienen un programa de mantenimiento preventivo, basado en servicios los cuales se realizan cada cierto tiempo, hacer cualquier reparación dentro de la línea de galvanizado desde los rodillos y las piletas de enjuague, el perol, los rodillos de terminación, caja de flux, guías, sistemas de ventilación, tuberías de vapor, tuberías de agua niveladora, corrugadoras así como hacer cualquier construcción ya sea un cambio de láminas o la construcción de una bodega, instalaciones de la bodega de materia prima etc. también tiene la tarea de pintar las instalaciones de la empresa así como la jardinería, son encargados también de recibir el combustible necesario para la maquinaria como lo son las calderas las cuales usan diesel, los quemadores los cuales usan bunker, el comestible para los camiones etc.

### **2.2.6 Tipo de capacitación del personal de mantenimiento**

No existe un programa permanente de capacitación del personal de mantenimiento, eventualmente se da capacitación a los encargados de mantenimiento la capacitación que estos han recibido es sobre soldadura, tampoco se cuenta con capacitación para los directores del departamento de mantenimiento.

### **2.2.7 Herramientas y equipo para reparaciones**

Entre la herramienta con la que cuenta el departamento podemos mencionar equipos para soldadura eléctrica y autógena herramientas como

juegos de copas llaves, alicates y herramienta básica para reparaciones etc. el departamento cuenta con la herramienta y el equipo necesario para hacer sus funciones, también se vale de las grúas para el transporte de materiales pesados o para mover maquinas muy pesadas por ejemplo para el cambio de rodillos en la línea de galvanizado debe utilizar la grúa para moverlos debido a lo pesado que son, dentro de las instalaciones del departamento se cuenta con un torno, un taladro, un cepillo los cuales también sirven para las distintas funciones del departamento.

### **2.3 Situación del equipo y de la maquinaria de la línea de producción**

Todo el equipo y maquinaria que se utiliza dentro de la línea de galvanizado es cambiado continuamente debido al trabajo que realiza y a las condiciones extremas de calor y corrosión que hacen que los equipos deban ser reparados o cambiados continuamente, entre estos podemos mencionar los rodillos, las guías de kettle, cadenas etc. ya que estos tienen una vida dentro de la línea un poco reducida ya que los rodillos de hule difícilmente llegan a estar en uso por dos semanas continuas, los rodillos de terminación duran en promedio un mes, el perol tiene una vida útil de dos años y medio, los demás equipos como lo son los motores tienen un uso continuo y están en buenas condiciones actualmente a continuación se presenta una descripción uno a uno de la maquinaria y equipo utilizado dentro de la línea.

#### **2.3.1 Rodillos de secado**

Existen varios tipos de rodillo en la línea de galvanizado dependiendo de su posición dentro de la línea, no todos son del mismo material, algunos son de hule y otros son de acero, los rodillos son los encargados de hacer

que la lámina circule dentro de la línea el material de los rodillos varia según sea la función que desempeñe.

Entre otros podemos mencionar los rodillos de secado, estos son los encargados de secar la lámina al salir de las piletas y además de trasportar la lámina dentro de los procesos de limpieza, enfriamiento y pasivado, dentro de estos procesos se pueden clasificar como rodillos de entrada y de salida, la duración en uso de los estos rodillos varia dependiendo la materia prima que se este procesando mas específicamente de la lámina, su calibre, su calidad, su corte etc., hay lámina que es muy dura, la cual daña severamente los rodillos en muy poco tiempo, por el contrario hay lámina suave la cual no deteriora los rodillos con mucha facilidad, pero en general la duración en la actualidad de los rodillos en la línea es aproximadamente de una semana se tiene calculado que cada lunes por la mañana se cambian los rodillos que sea necesario cambiar, el diámetro permitido de los rodillos depende de la velocidad que se este usando dentro de la línea, actualmente el diámetro mínimo permitido es de 160 mm.

Cuando un rodillo es retirado de la línea se lleva al departamento de mantenimiento donde es torneado, el daño que reciben los rodillos es debido a las orillas de la lámina que entra la cual daña el rodillo haciendo pequeños orificios los cuales hacen que el rodillo ya no seque la lámina, con el torneado se busca dejar el rodillo en perfectas condiciones en su superficie para poder utilizarlos de nuevo.

#### **2.3.1.1 Rodillos de flux y de pileta de agua**

Los rodillos de flux son los encargados de introducir la lámina que viene de la etapa de limpieza al perol, al igual que los que se encuentran en la entrada de la pileta de enfriamiento, estos deben soportar altas

temperaturas debido al lugar donde se encuentran por lo cual deben ser de acero la diferencia básica entre estos dos rodillos

Radica en su longitud ya que los rodillos de flux son más largos que los de enfriamiento.

### **2.3.1.2 Rodillos de terminación**

Estos son los más importantes del proceso ya que estos determinan el espesor de la capa de galvanizado de las láminas, además de esta función también son los encargados de extraer la lámina del pero, actualmente estos son cambiados aproximadamente cada mes, cuando se retiran se sustituyen por otros en buenas condiciones que ya están en la bodega, los que están dañados son reparados en el taller de mantenimiento, debido a que el lugar donde realizan su labor se encuentra a muy alta temperatura se diluye la grasa que se aplica a los cojinetes lo cual provoca un daño en el eje del cilindro y en el cojinete por falta de lubricación, cuando los rodillos son llevados a el taller esos deben reconstruir la punta del eje debido al desgaste que sufrió por trabajar con malas condiciones de lubricación. Para almacenar los rodillos de terminación después de ser rectificadas se les aplica una capa de grasa para protegerlos del oxido.

### **2.3.2 Piletas de lavado y enfriado**

Las piletas son recipientes de un material resistente a los ácidos, los cuales son utilizados en el proceso para limpiar, lavar, enfriar y dar tratamiento a la lámina estas dependiendo la parte en que se encuentren contienen diferentes tipos de material como lo son acido, agua caliente, agua fría y acido crómico las piletas de agua para el templado y acido crómico para el pasivado están hechas de hierro a diferencia de las de limpieza que están hechas de un plástico resistente a los ácidos.

Las piletas no reciben un tratamiento demasiado pesado por lo cual solo son cambiadas al romperse por el largo uso en estas. Como no se tiene un control de fallas de las piletas, se tienen en reserva dos piletas por cualquier contratiempo.

### **2.3.3 Tuberías de Vapor**

Estas son las encargadas de llevar el vapor desde la caldera hasta las piletas para mantener el agua caliente, estas son de tubo galvanizado, el vapor va directamente de la caldera a la pileta, por lo que se pierde todo el tratamiento de agua de la caldera, las tuberías tienen revestimiento de fibra la cual le sirve de protección a la tubería y al personal. El mantenimiento que se le da a la tubería se basa en el taponamiento de fugas cuando estas se presentan o la reposición de la tubería cuando esta presenta fallas.

### **2.3.4 Tuberías de Agua**

Estas son de tubo galvanizado el cual trae el agua desde el tanque de la planta hacia los distintos puntos donde es utilizada el agua dentro del proceso, el agua es utilizada para lavar las piletas, para el enfriado de la lámina, el agua de la pileta de enfriado de lámina es extraída con una bomba y llevada a una torre de enfriamiento y de nuevo es llevada hacia la pileta de enfriado ya a baja temperatura.

### **2.3.5 Perol**

Este es un recipiente en el cual se tiene el plomo el zinc, el plomo y antimonio necesarios para el proceso de galvanización dentro de este se colocan las guías de kettle, el perol es reemplazado cuando se rompe

debido a las altas temperaturas, se cuenta ya con dos peroles de repuesto para poder cambiar cuando falle el que se encuentra en uso, la vida útil de un perol dentro de la empresa es de dos años aproximadamente la cual varia dependiendo el origen del mismo.

El perol esta sometido a altas temperaturas durante toda su vida útil, es calentado por los quemadores y esta rodeado por ladrillos refractarios.

#### **2.3.5.1 Extractor de humo**

Este es el encargado de sacar los vapores generados por las piletas de lavado y por el perol, los vapores extraídos son liberados al ambiente, dentro del mantenimiento que se le da a el extractor se puede mencionar limpieza interna, revisión de los motores, para la limpieza externa se cuenta con un plan de limpieza el cual se realiza una vez al mes debido a la gran cantidad de residuos que se depositan dentro de las tuberías

#### **2.3.6 Quemadores**

Estos son los que calientan el perol, son alimentados por bunker, no tienen una rutina de mantenimiento especificada, el mantenimiento que se les proporciona se basa en el reporte de un operario que indica algún problema con el quemador como lo es una llama deficiente, algún derrame de combustible etc. Quien da aviso al departamento de mantenimiento y este sustituye el quemador dañado por uno en buenas condiciones, ya en bodega de repuestos se cuenta con cinco quemadores de repuesto los cuales se encuentran en condiciones de operación, el quemador en mal estado se lleva al departamento de mantenimiento y allí es reparado si el problema puede ser corregido se corrige y si no se manda con alguien especializado en quemadores.

### **2.3.7 Motores eléctricos**

Estos son los encargados de hacer mover toda la línea de galvanizado, el mantenimiento de estos es solamente limpieza exterior, limpieza de las conexiones, pero no se tiene una rutina para hacerlo estos se utilizan hasta que fallen o presenten una avería mayor, cuando un motor falla es reemplazado por otro en buen estado, dependiendo la avería del motor dañado este será reparado en el departamento de mantenimiento o es llevado a algún taller especializado en motores eléctricos fuera de la empresa.

#### **2.3.7.1 Cajas reductoras**

Conectado a cada motor eléctrico existen las cajas reductoras las cuales son las encargadas de transmitir el movimiento desde los motores eléctricos hacia la línea de galvanizado, a la velocidad que se necesita, la velocidad de la línea es determinada por el calibre de la lámina, el mantenimiento que se les proporciona a las cajas reductoras es solamente la revisión de los niveles de aceite y la limpieza exterior para lo cual no se tiene una rutina predeterminada estos niveles se revisan cuando el jefe de taller lo indica en base a su experiencia, cuando se dañan se trata de reparar en el departamento de mantenimiento pero de no ser posible se lleva a un taller donde puedan hacerlo. No se cuenta con cajas reductoras de repuesto para cuando falle alguna por lo cual de fallar se para la línea hasta que sea reparada.

### **2.3.7.2 Transportadoras de lámina**

Estas se encargan como su nombre lo indica de transportar la lámina hacia el perol, hacia el proceso de enfriado y hacia la niveladora. Estas son básicamente cadenas sobre las cuales es transportada la lámina, también son las que sostienen el magneto, estas se componen de ejes sobre los cuales giran las cadenas, sprockets, guías de cadena, el mantenimiento necesario para este tipo de transportadores es básicamente limpieza y engrase de los cojinetes, mantenimiento de cadenas y sprockets

#### **2.3.7.2.1 Sistema de enfriado de láminas**

Este es el encargado de enfriar la lámina al salir del perol este lo hace por medio de soplar aire por arriba y por debajo de la lámina que esta siendo transportada desde el perol hacia la piletta de enfriado y desde la piletta de enfriado hacia la niveladora, esta cuenta con un motor eléctrico y tuberías para hacer llegar el aire hacia la lámina, ese tampoco recibe un mantenimiento continuado y programado, eventualmente se revisa el motor y las tuberías pero en el exterior, ya se cuenta con repuestos del ventilador para que cuando falle el que actualmente se esta utilizando poderlo cambiar en muy poco tiempo.

#### **2.3.7.2.2 Niveladora**

Es la encargada de darle a la lámina la máxima planitud posible esta se compone de varios rodillos por los cuales pasa la lámina, es mantenimiento que se le da a esta es engrase y limpieza de los cojinetes, limpieza, ajuste de juegos entre las piezas revisión de la cadena etc. pero no se lleva un control exacto sobre los trabajos que se realizan en esta.

### **2.3.8 Magneto**

Este es el encargado de guiar la lámina al salir del perol hacia las guías que la llevan hacia el área de enfriado, este es un imán permanente el cual esta dentro de un cilindro que gira a la salida de la lámina del perol, este recibe mantenimiento como limpieza, el engrase periódico de los cojinetes que lo sostienen se realiza por parte de los operarios o por el departamento de mantenimiento cuando es instalado, se cambia cuando ya esta muy sucio de sarro o cuando ya el imán no cumple la función de guiar la lámina.

### **2.3.9 Rodillos de arrastre**

Son los todos los rodillos encargados de halar las láminas que vienen de un paso anterior e introducirlos al siguiente proceso entre estos podemos mencionar los rodillos de hule, los de flux los de la pileta de agua y los de la pileta de pasivado, son llamados de arrastre solamente por la posición en la que se encuentran dentro del proceso de galvanizado.

### **2.3.10 Cadenas**

Son las encargadas de transmitir el movimiento entre sprockets y transporte de las láminas en la línea de producción, se utilizan cadenas de numero 100 estas son mas utilizadas para transmitir movimiento de un sprocket a otro, las cadenas de numero 80 además de transmitir movimiento son utilizadas para trasportar la lámina que sale del perol hacia el enfriamiento, pasivado y nivelado estas son inspeccionadas dependiendo el lugar donde se encuentren por ejemplo las cadenas que mueven los rodillos de limpieza se inspeccionan cada vez que se cambian rodillos, se inspecciona tensión, juego entre los eslabones, engrase etc. lo que se inspecciona en las cadenas de transporte de láminas es todo lo anterior y además si aun pueden transportar las láminas con eficiencia, la parte que mas falla en una cadena es el eslabón de anclaje y cuando sucede esto se

sustituye inmediatamente por otro nuevo, si es toda la cadena que se encuentra en malas condiciones se sustituye por completo por una nueva, ya en la bodega de repuestos se cuenta con cierta cantidad de cadenas para sustituir las que están en malas condiciones

### **2.3.11 Sprockets**

En la línea de Galvanizado los sprockets son utilizados para hacer mover a los rodillos ya sea de limpieza, terminación o pasivado estos son inspeccionados al igual que las cadenas cuando es necesario cambiar rodillos y se inspecciona mediante observaciones externas con las cuales se busca alguna falla que pueda representar en un futuro un paro de la línea y si es necesario de acuerdo al criterio de la persona que lo inspecciona entonces es sustituido por otro en buenas condiciones para mantener el buen funcionamiento de la línea otra situación en la que se cambian sprockets es cuando estos fallan definitivamente y provocan un paro en la línea.

En la bodega de repuestos se cuenta ya con cierta cantidad de sprockets ya listos para trabajar, el problema con no tener sprockets en bodega es que la línea de producción necesita ciertas adaptaciones de los sprockets los cuales son hechos en el departamento de mantenimiento de acuerdo a las exigencias de la línea, si no se cuenta con un sprocket en bodega no solo hay que comprarlo sino también adaptarlo a las necesidades de la línea.

### **2.3.12 Cojinetes**

En la línea de Galvanizado se puede hablar de distintos tipos de cojinetes como lo son de deslizamiento y de bolas, los de deslizamiento se utilizan en los rodillos los cuales están adecuados para soportar gran

cantidad de carga, los cojinetes de bolas se utilizan en los ejes de las guías de la lámina y están diseñados para altas velocidades, el mantenimiento que se les da a los cojinetes se limita a engrasarlos cuando cambian los rodillos, los operarios eventualmente los engrasan al igual que los cojinetes de bolas, se han dado casos en los cuales se atascan los cojinetes por falta de lubricación, en los rodillos de terminación se encuentra un punto crítico para la lubricación debido a la alta temperatura que se encuentra en este punto la grasa no la resiste y se diluye lo que hace que el cojinete trabaje en seco, se utiliza grasa especial pero siempre se da que el rodillo trabaja en seco y se daña ya sea el rodillo como el cojinete, se le encomienda a los horneros que engrasen continuamente estos cojinetes para que no se dañen. El criterio para cambiar los cojinetes es que cuando tengan un daño severo o un juego demasiado grande se cambie de lo contrario no.

### **2.3.13 Guía de lámina**

Esta guía está inmersa dentro del perol entre el plomo y el zinc y es la encargada de guiar la lámina para la galvanización estas son elaboradas por el departamento de mantenimiento para la cual ya se tienen plantillas, estas no llevan ninguna clase de mantenimiento debido a el lugar donde se encuentra, esta se cambian por otras nuevas cuando se dañan actualmente ya se cuenta con dos guías de repuesto y otra que se está elaborando, la guía que se retira del perol se trata de reparar pero de no ser posible se desecha como chatarra.



## **3 PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

### **3.1 Realización de inspecciones**

Para iniciar con un programa de mantenimiento preventivo el departamento de mantenimiento necesita saber ¿que es lo que debe inspeccionar? y ¿con que tanta frecuencia debe hacerlo? no existe un manual que nos de una guía de cómo se debe hacer para todos ya que cada programa debe de adecuarse a las necesidades de la maquinaria según el uso, su antigüedad así como el trabajo al que este sometida cada parte de la maquinaria dentro del proceso.

El programa de mantenimiento para poder hacerse de la información necesaria para llevar el control de la maquinaria se vale de dos formas de hacerlo como lo son

- Visitas
- Inspecciones

#### **3.1.1 Visitas**

Son revisiones rutinarias que deberán realizarse basándose principalmente en la observación estas requieren en gran medida de la aplicación de todos los sentidos para detectar de mejor forma algún mal funcionamiento en nuestros equipos, estas comprenderán trabajos de limpieza, chequeo de niveles de lubricantes (aceites y grasas) en todos los lugares donde sea necesario la característica principal de las visitas es que no se harán desmontajes mayores.

### **3.1.2 Inspecciones**

Esta será utilizada en puntos en los cuales es necesario desmontar hacer desmontajes para poder realizar limpieza lubricación profundos como lo es por ejemplo la limpieza del extractor de humo, también se realizaran inspecciones cuando sea reportada alguna anomalía en el equipo o maquinaria dentro de la línea. Para realizar las inspecciones los operarios necesitaran equipo de medición y diagnostico según sea el caso del equipo o maquina que se este inspeccionando.

### **3.1.3 Orden de trabajo**

Esta deberá emitirse cuando se ha detectado mediante visitas, inspecciones, por una reparación planeada o por el reporte de algún operario algún desperfecto dentro de la línea de producción la cual no puede ser reparada inmediatamente pero al generar la orden de trabajo debe indicar la prioridad de la misma para no tardar demasiado en hacer la reparación porque de ser así puede dañarse aun mas el equipo o maquinaria, esta tendrá la función de reportar anomalías y solicitar la autorización para poder ejecutar los trabajos pertinentes.

Para hacer la reparación necesaria se debe de tener comunicación con el departamento de producción para acordar en que momento se puede hace la reparación para no interrumpir las labores de producción.

La orden de trabajo tiene varios propósitos entre los cuales podemos destacar el llevar un mejor control sobre las operaciones realizadas sobre la maquinaria, con estas podemos llevar un mejor control del inventario de repuestos es decir cuando llevamos un control de los fallos y de las reparaciones que hacemos podemos hacer pronósticos acerca de la cantidad adecuada de repuestos y materiales que debemos tener en

existencia y no desperdiciar recursos en cantidades muy grandes ni quedarnos cortos con muy pocos repuestos, cuando sea necesario generar una orden de trabajo se deberá hacer conforme al formato de la figura 9.

Figura 9. Orden de trabajo

# ORDEN DE TRABAJO

No.0000

**Fecha**

**Departamento de mantenimiento**

Prioridad Puede esperar  Urgente

Maquina a reparar \_\_\_\_\_ código

Tipo de desperfecto: Mecánico  Eléctrico  otro

Trabajo por efectuar \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Repuestos y materiales necesarios \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha y hora de la reparación \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma encargado De mantenimiento

\_\_\_\_\_  
Firma jefe de taller

### **3.2 Desarrollo de rutinas de mantenimiento**

El buen funcionamiento de un programa de mantenimiento preventivo se basa en rutinas de mantenimiento, en las cuales se realizan visitas e inspecciones, estas con el fin de llevar un control mas planificado del estado de la maquinaria.

Las rutinas de mantenimiento que se llevaran a cabo en la línea de galvanizado de Galvanizadora Centroamericana S.A. se enfocaran al mantenimiento operativo, inspecciones y visitas.

#### **3.2.1 Rutina de mantenimiento operativo**

Nadie conoce mejor la maquinaria de la línea de producción que los operarios, estos son las personas que pasan todo su tiempo de trabajo con el equipo y la maquinaria, estos son los primeros que detectan un mal funcionamiento de la maquina, por lo cual los operarios formaran parte muy importante en el plan de mantenimiento ya que estos deberán mantener limpia su maquina y lugar de trabajo esto no solo contribuye al mantenimiento sino también a la seguridad del trabajo además serán los encargados de reportar algún mal funcionamiento en la maquinaria directamente a el departamento de mantenimiento para que este puede hacer lo necesario para reestablecer en el menor tiempo posible la continuidad del trabajo. La persona encargada de las piletas de limpieza deberá agregar a sus tareas de producción tareas como la lubricación de los cojinetes de los rodillos de hule así como de los sprockets ya que con esto se contribuirá a disminuir el desgaste de de los ejes y de los cojinetes de los rodillos de hule y a la limpieza del área.

### **3.2.2 Rutina de inspecciones**

Estas deberán realizarse según el calendario de inspecciones, el cual será preparado con cierto tiempo de anticipación por el departamento de mantenimiento en unión con el departamento de producción para poder ponerse de acuerdo respecto el momento más adecuado para realizarlas tomando en cuenta los requerimientos de producción y la necesidad de mantenimiento de la maquinaria.

Debiendo el encargado hacer la inspección de prepararse con la herramienta y los materiales necesarios para hacer que la inspección sea lo más corta posible, las inspecciones consistirán en desmontaje profundo, limpieza y lubricación adecuada, las inspecciones se planearan en la maquinaria que necesite del desmontaje para poder hacer una buena revisión.

### **3.2.3 Rutina de visitas**

Las visitas al igual que las inspecciones deben ser realizadas de acuerdo a lo planeado por el departamento de mantenimiento y el departamento de producción, las visitas se realizaran en los puntos en los cuales no es necesario hacer un desmontaje para poder analizar la situación de lubricación y limpieza de los elementos de la maquinaria.

Toda la información sobre que es lo que el encargado de mantenimiento debe revisar estará en la ficha de control para la inspección en la cual se detallan todos los puntos que necesitan visita o inspección según se el caso.

### **3.3 Métodos de control y supervisión**

Para poder saber si el programa de mantenimiento preventivo se esta llevando a cabo debemos hacer reportes por escrito de todo procedimiento que se ejecute en la maquinaria o equipo, esto ayuda a que se cumplan las rutinas y reparaciones de forma ordenada y efectiva, utilizamos esto para el control de de materiales y repuestos.

Entre la papelería que utilizamos para el control podemos mencionar las siguientes:

- Ficha de maquinaria
- Historia de fallas
- Control de paros
- Ficha de chequeo para la inspecciona
- Orden de trabajo
- Requisición de materiales
- Reporte mensual

#### **3.3.1 Ficha de maquinaria**

La ficha de maquinaria es la que identifica cada maquina, asignándole un código y recopilando todos los datos que puedan identificarla, esta ficha es la parte principal del inventario técnico ya que sirve para conocer la maquinaria de la planta y así asignarle el debido programa de mantenimiento basándonos en las instrucciones del fabricante y nuestras exigencias de producción. La información que necesitamos para una ficha de maquinaria es la siguiente:

Código, descripción modelo, serie: esta es información directa de la maquinaria, el código indica la identificación que se le hace en la planta este describe características de la maquinaria o equipo en la descripción puede colocar el nombre de la maquina o sus características particulares.

Información del proveedor: esta es la descripción de quien nos da la maquinaria, quien la hace, fecha de instalación, costo etc. esta información nos hace mas fácil la búsqueda de soporte cuando sea necesario.

Especificaciones técnicas: en esta arte se colocan características tales como voltaje, revoluciones por minuto potencia, fases etc. estas nos ayudan a identificar verificar si cumple con nuestras necesidades y si se adapta a nuestras instalaciones.

Mantenimiento: esta parte nos da los procedimientos, periodos, repuestos, necesarios para el buen mantenimiento de la maquinaria para una vida útil lo mas larga posible estos datos y los anteriores serán reportados en un formulario como el de la figura 10.

**Figura 10. Ficha de maquinaria**

**FICHA DE MAQUINARIA**

Código	Descripción	modelo
		serie
Fabricante		
Dirección		
Teléfono		
Representante Comercial		Fecha de instalación
Costo de la maquinaria		Instalada por
Voltaje	RPM	
Potencia	Fases	
Otros		
<b>Mantenimiento</b>		
Lubricación		
Recomendaciones de uso		
Datos de repuestos		
Observaciones		

### 3.3.2 Historia de fallas

Esta es la ficha que nos proporciona la información sobre las reparaciones que hemos realizado sobre cada maquina, así como los repuestos, materiales, costos etc. también nos ayuda a detectar fallas sistemáticas, al estudiar de forma adecuada la frecuencia con la que presenta fallas determinada maquinaria encontramos el momento mas adecuado para la reposición sin llegar a esperar que falle el componente, además el historial de fallas nos presenta información económica sobre el funcionamiento de la maquinaria que nos da la pauta para decidir si seguimos utilizándola o mejor la cambiamos por una más rentable. La información mínima que debe contener esta ficha es:

Descripción: en esta parte se coloca información acerca de la maquinaria para su fácil identificación al momento de analizar sus fallas.

Partes principales: en este se debe colocar información acerca de las partes de la maquinaria para poder hacer un análisis más rápido de las partes que causan mayores problemas en la maquinaria.

Descripción de problemas: en esta parte debemos colocar la descripción de los problemas que se dan con la maquinaria como lo es la fecha, trabajos realizados, duración de los trabajos, materiales y repuestos utilizados, y costo de los mismos esta información es de mucha utilidad cuando analizamos la factibilidad de seguir operando la maquina o reponerla por una que sea mas económica en su uso para tabular la información del historial de fallas se utilizara el formato de la figura 11.



### **3.3.3 Control de paros**

Esta ficha se encontrara en cada una de las maquinas dentro de la línea, en esta se registran los paros describiendo las causas aparentes que lo provocaron en esta se toman datos como fecha del paro, hora exacta, duración, motivo los que deben ser avalados por el operario y por el encargado de mantenimiento, este servirá para justificar paros no programados en la línea de producción. La información que se necesita en esta ficha es:

Información de la maquinaria: en este espacio se coloca la descripción como lo es el código y el nombre de la maquinaria, con esto identificamos la maquinaria.

Descripción del problema: en este cuadro se coloca información acerca del paro tal como la fecha, hora, duración, motivo etc. en base a esta se llena la ficha de historia de fallas es una ficha mas detallada esta hace referencia a una sola maquina a comparación de la ficha de historia de fallas que compara el mantenimiento hecho en todas las maquinas para llevar el control de paros de la maquinaria por parte del operario de utilizara el formato de la figura 12.



### **3.3.4 Fichas de chequeo para inspección**

Esta es básicamente una guía ya sea en la inspección o en la visita que indica detalladamente los puntos que deben ser examinados, su objetivo es no dejar a la memoria de los encargados del mantenimiento los puntos de inspección, al departamento de mantenimiento le sirve para llevar el control sobre las visitas e inspecciones si se están realizando en el tiempo programado y nos ayuda a llevar el control si los problemas reportados generaron ordenes de trabajo. La información necesaria para el chequeo de la inspección es:

Fecha: esta describe el momento en el cual se realiza la inspección por lo general este ya esta planeado para realizarse.

Grupo: esta describe al grupo al cual pertenecen los distintos puntos a inspeccionar, los grupos fueron asignados tomando en cuentas exigencias de la maquinaria como de producción.

Puntos a inspeccionar: se enumeran los distintos puntos dentro de los distintos grupos que debemos tener en cuenta cuando estamos haciendo tareas de inspección.

Tareas ha realizar: estas son tareas como lubricación, limpieza, chequeo de niveles, chequeo de las maquinas, todo lo necesario a tener en cuenta al hacer una inspección.

Para realizar las inspecciones usaremos los formatos que se muestran en las figuras 13,14, 15 y 16.

Figura 13. Ficha de chequeo para la inspección grupo 1

GRUPO 1: REVISION SEMANAL		HECHO <input checked="" type="checkbox"/> FECHA					
		Lubricación	limpieza	Chequeo de niveles	Necesita reparación	Necesita cambio	Esta en buenas condiciones
<b>Rodillos de hule</b>							
Desengrase	Entrada						
	Salida						
Desoxidación	Entrada						
	Salida						
Enjuague	Entrada						
	Salida						
Templado	Entrada						
Pasivado	Entrada						
	Salida						
<b>Cojinetes de Rodillos</b>							
Desengrase							
Desoxidación							
Enjuague							
De flux							
Terminación							
Templado							
Pasivado							
<b>Cadenas</b>							
Transmisión	De rodillos						
	transportadoras						
Transporte	transportadoras						
<b>Calderas</b>							
Cléber broocks	Tuberías vapor						
	Tuberías diesel						
	Instrumentación						
Fulton	Tuberías vapor						
	Tuberías diesel						
	Instrumentación						

Figura 14. Ficha de chequeo para la inspección grupo 2

<b>GRUPO 2: REVISION QUINCENAL</b>		<b>BUENO <input checked="" type="checkbox"/></b>		<b>FECHA</b>		
	<b>Lubricación</b>	<b>Limpieza</b>	<b>Chequeo de niveles</b>	<b>Necesita reparación</b>	<b>Necesita cambio</b>	<b>Esta en buenas condiciones</b>
<b>Sprockets</b>						
De rodillos de hule						
De rodillos de acero de pileta de agua						
De transportadoras						
De guía de Transportadores						
De niveladora						
<b>Rodillos de terminación</b>						
Rodillos						
<b>Rodillos de flux</b>						
rodillos						
<b>Cojinetes de Transportadora</b>						
Cojinetes						
<b>Niveladora</b>						
Rodillos						
Cojinetes de rodillos						

Figura 15. Ficha de chequeo para la inspección grupo 3

GRUPO 3: REVISION MENSUAL		BUENO <input checked="" type="checkbox"/>		FECHA		
Fecha	Lubricación	limpieza	Chequeo de niveles	Necesita reparación	Necesita cambio	Esta en buenas condiciones
<b>Motores eléctricos</b>						
De niveladora						
De transportadoras						
De rodillos (hule, flux term)						
Bomba de agua						
Soplador quemadores						
Soplador lámina						
Enfriador de lámina						
Extractor						
<b>Cajas reductoras</b>						
Niveladora						
Transportadoras						
Rodillos de terminación						
Rodillos de Flux						
<b>Torre de enfriamiento</b>						
<b>Placas de enfriamiento</b>						
<b>Termocoplas</b>						
De plomo						
De zinc						
De horno						
<b>Guías de Bronce</b>						
<b>Extractor de Humo</b>						
Tuberías						
<b>Sistema de alimentación de bunker</b>						
Deposito de bunker						
Tubería						
Bomba de bunker						
Instrumentos						
Quemadores						

Figura 16. Ficha de chequeo para la inspección grupo 4

<b>GRUPO 4: REVISION TRIMESTRAL</b>	<b>BUENO</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>FECHA</b>
---	--	--------------

Fecha	Lubricación	Limpieza	Chequeo de niveles	Necesita reparación	Necesita cambio	Esta en buenas condiciones
Piletas de limpieza y pasivado						
Tuberías de Agua						
Tuberías de vapor						
<b>Ventilador de lámina</b>						
Ductos						

### 3.3.5 Orden de trabajo

Cuando un problema en la línea de galvanizado sea reportado por cualquier medio ya sea por un operario o por una ficha de chequeo se debe generar una orden de trabajo indicando la naturaleza de la falla, tipo de reparación necesaria y la prioridad de la misma, esta sirve para la solicitar autorización para realizar los trabajos, además sirve de medio de información al encargado de producción estas deben de ser autorizadas por el jefe de taller de mantenimiento y el jefe de producción para adecuar el horario de reparación con el fin de que no interrumpa las labores de producción ni interrumpa las labores de mantenimiento. En la orden de trabajo se debe de indicar la fecha y hora conveniente para realizar la reparación.

Una orden de trabajo de contar con ciertos datos como lo son:

No.: Es el número correlativo que indica la secuencia de las órdenes de trabajo.

Máquina y código: Describe la maquinaria a través del código y el nombre de la misma.

Fecha de ejecución: Indica la fecha más conveniente de realización del trabajo de reparación.

Tipo de desperfecto: con esto describimos un defecto como eléctrico o mecánico dependiendo como sea descrito así serán las acciones a tomar para corregirlo.

Trabajo a efectuar: No es necesario dar demasiados detalles sobre el trabajo que va a realizarse sobre la maquinaria, basta con describir aspectos generales de la reparación.

Repuestos y materiales: Debemos enumerar los repuestos y materiales que necesitaremos para hacer la reparación, esto nos sirve para tener los materiales necesarios con cierto tiempo de anticipación para que en el momento de la reparación no falte nada y se haga lo más rápido posible.

Firmas de autorización: Toda reparación debe ser autorizada por las personas responsables del mantenimiento y de la línea de producción. Como se muestra en la figura 9.

### **3.3.6 Control de órdenes de trabajo**

Esta ficha nos facilitará el control de los trabajos realizados sobre la línea de producción en esta se colocan las órdenes de trabajo según su número correlativo, el equipo a que se refiere la orden quien realizó el trabajo y la fecha de ejecución.

Datos solicitados en la ficha:

No.: Es el número correlativo, el cual indica la secuencia de las fichas de control de órdenes de trabajo.

Orden No.: Aquí se coloca el número de la orden de estamos especificando.

Maquina o equipo: Aquí identificamos la maquina o equipo a la cual se le hizo la orden de trabajo.

Fecha: Aquí se especifica la fecha en la cual se hizo la reparación

Para hacer llevar el control de las órdenes de trabajo de una forma ordenada y más eficiente debemos utilizar el formato que se muestra en la figura 17.



### **3.3.7 Requisición de materiales**

Esta es hecha por el encargado de compras el cual hace la solicitud de materiales y repuestos para las labores del departamento, estas son emitidas basadas en el análisis de la utilización de los repuestos y materiales por parte de bodega, la requisición de materiales se basa en el análisis del control de las ordenes de trabajo ya que en este se reportan los materiales y repuestos utilizados en las diferentes operaciones de mantenimiento.

La información necesaria en la requisición de materiales es:

**Cantidad:** Expresa en forma cuantitativa los repuestos y materiales necesarios.

**Fecha de la solicitud:** aquí se escribe la fecha en la cual bodega hace la requisición de los materiales.

**Observación:** Se anota cualquier sugerencia que sea considere necesaria, por ejemplo la calidad necesaria de los repuestos y materiales, o urgencia de los mismos.

**Precio:** Aquí describimos es precio unitario que pagaremos por los materiales que necesitamos.

**Firma de los responsables:** Deberá ir firmado por el encargado de taller y el gerente de mantenimiento.

Para poder hacer la requisición de materiales de forma ordenada debemos utilizar el formato que se muestra en la figura 18.



### **3.3.8 Reporte mensual**

Este es un resumen mensual de las actividades realizadas por el departamento de mantenimiento sobre la línea de galvanizado el cual debe ser presentado por el gerente de mantenimiento a los demás gerentes para poder exponer ante la gerencia en forma ordenada los problemas que tiene la línea de galvanizado y así buscar las mejores soluciones. La información mínima que este debe contener es:

**Trabajos realizados:** estos se refieren a los servicios y reparaciones hechas por el personal de mantenimiento a la línea de galvanizado de láminas, en este se describe la reparación.

**Duración:** aquí se coloca la duración del paro en horas dependiendo si este provoca paro o si no provoco paro no programado en la línea de producción.

**Causas y solución:** aquí describimos cuales fueron las causas que provocaron la reparación y la solución que implantamos para resolver el problema.

**Costo de la reparación:** Aquí colocamos el costo de la falla tomando como referencia los repuestos, materiales, mano de obra utilizada para la reparación.

Para hacer un reporte mensual que tenga toda la información necesaria y de forma ordenada es necesario utilizar el formato que se muestra en la figura 19.



### **3.4 Diseño de las rutinas de inspección y servicios**

Estas consisten en programar de la forma más adecuada las inspecciones y visitas y la mejor ruta para realizarlas, esto para no desperdiciar recursos.

#### **3.4.1 Diseño de las rutas de inspección y servicio**

Es la secuencia que se habrá de seguir en los distintos equipos y maquinaria dentro de la línea de producción debido a que los puntos a inspeccionar y visitar en la línea son muchos, debemos agruparlos para lograr una mejor eficiencia de las inspecciones para lo cual debemos tomar en cuenta la complejidad de la maquinaria, el tiempo con el que contamos para realizar la visita o inspección y la necesidad del equipo de ser revisado.

Las Rutas a seguir en las visitas e inspecciones en la propuesta del plan de mantenimiento preventivo son:

#### Grupo 1 (Semanal)

1. Rodillos de hule
  - Desengrase
  - Desoxidación
  - Enjuague
  - Templado
  - Pasivado
  
2. Cojinetes de rodillos
  - Desengrase

- Desoxidación
- Enjuague
- Templado
- Pasivado
- Flux
- Terminación

### 3. Cadenas

- De transmisión
- De transporte

### 4. Calderas

- Cléber broocks
- Fulton

## Grupo 2 (quincenal)

### 1. Sprockets

- De rodillos de hule
- De rodillos de acero de pileta de agua
- De transportadoras
- De guía de Transportadores
- De niveladora

### 2. Rodillos de terminación

### 3. Rodillos de flux

### 4. Cojinetes de transportadoras

### 5. Niveladora

- rodillos de nivelación
- cojinetes de rodillos de nivelación

### Grupo 3 (Mensual)

#### 1. Motores eléctricos

- De niveladora
- De transportadoras
- De rodillos de flux y terminación
- Bomba de agua
- Soplador de aire de quemadores
- Soplador de aire para lámina
- Ventilador de enfriamiento
- Extractor

#### 2. Cajas reductoras

- Niveladora
- Transportadoras
- Rodillos de terminación
- Rodillos de Flux

#### 3. Torre de enfriamiento

#### 4. Termocoplas

- De plomo
- De zinc
- Del horno

#### 5. Guías de bronce de lámina

#### 6. Extractor de humo

- Tubería

#### 7. Sistema de alimentación de bunker

- Deposito
- Tubería
- Bomba
- Instrumentos
- Quemadores

#### Grupo 4 (Trimestral)

1. Piletas de limpieza y pasivado
2. Tubería de agua
3. Tubería de vapor
4. Ventilador de lámina
  - Tuberías

### **3.4.2 Calendarización de las rutinas**

Al establecer las rutas de inspección y servicio para la maquinaria y el equipo de la línea de galvanizado de láminas procedemos a calendarizar las rutas, para darle al departamento de mantenimiento una guía de su trabajo diario en la línea de galvanizado.

Debido a que la maquinaria dentro de la línea no es homogénea debimos establecer las rutas de inspección y servicio tomando en cuenta los periodos de servicio de la maquinaria y el equipo lo que nos dio por resultado la organización en grupos de maquinas de mayor a menor numero de servicios, iniciando con el grupo 1 que es el de la maquinaria que actualmente necesita de mayor secuencia en el control de la misma hasta llegar a el numero cuatro que es la maquinaria que necesita la menor atención por parte del departamento de mantenimiento.

Para establecer la secuencia en el servicio de una maquina además de tomar en cuenta la forma y el tiempo que utilizan actualmente se tomaron en cuenta otros aspectos como lo son:

Tiempo de servicio y condición: no es lo mismo darle servicio a una maquina nueva que a una maquina usada, lógicamente la maquinaria usada se le debe poner mucha mas atención que a la maquinaria nueva.

Severidad de uso: Dentro de la línea de galvanizado de láminas existen partes que están sometidas a requerimientos extremos por ejemplo que están en contacto con un ambiente altamente corrosivo, están sometidos a muy altas temperaturas, soportan grandes cargas pero hay otras que no son exigidas demasiado.

Requerimientos de seguridad: debemos tomar en cuenta que hay ciertos equipos que es mejor darle un mantenimiento con bastante anticipación, ya que es muy costoso arriesgarse a pasar el límite de duración de los equipos, por lo cual se tomo en cuenta la seguridad de la maquinaria

Figura 20 Calendario de inspecciones y visitas de mantenimiento

GRUPO		CALENDARIO DE INSPECCIÓN Y VISITAS DE MANTENIMIENTO																																									
1	día	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D							
	fecha	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>													
2	día	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
	fecha	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>													
3	mes	Mes 1							Mes 2							Mes 3							Mes 4																				
	semana	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4												
	fecha	<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>																	
4	mes	Mes 1							Mes 2							Mes 3							Mes 4																				
	Semana	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4	1	2	3	4	4	4												
	fecha				<input checked="" type="checkbox"/>																										<input checked="" type="checkbox"/>												

### **3.5 Análisis de costos del plan**

Para obtener los recursos financieros necesarios para iniciar el plan de mantenimiento preventivo, debemos analizar los factores que influyen en el mantenimiento de la línea de galvanizado de láminas así como los costos que implica cada uno de estos, y para que la gerencia de el visto bueno a la realización de este programa hay que demostrar los beneficios que el plan aportaría a la producción de la empresa.

#### **3.5.1 Cálculo de costos en personal**

Ya que la empresa cuenta con un departamento de mantenimiento no será necesaria la contratación de personal para el mantenimiento, lo que se necesita es capacitar al personal sobre el programa de mantenimiento para que lo comprenda y lo pueda aplicar de una forma eficiente. El costo que tendrá para la empresa la implementación del programa de mantenimiento será el tiempo que debe invertir en la capacitación de los encargados de mantenimiento se estima que para capacitar a los encargados de mantenimiento será necesario un día de labores de cada uno de ellos se propone que sea un día sábado para no interferir con sus actividades diaria de mantenimiento ya que trabajan con una jornada diurna especial de lunes a viernes y los sábados lo tienen libre. Pero la decisión final del momento de capacitación será totalmente decisión de la administración de personal de la empresa. El tiempo necesario para capacitar al departamento de mantenimiento acerca del programa de mantenimiento será de ocho horas, el departamento de mantenimiento tiene un sueldo normal en promedio de 800.00 la hora.

Costo aproximado de capacitación del personal par la implantación del programa de mantenimiento preventivo.

**Tabla VI. Análisis costos del plan**

Costo del personal por hora normal (CH)	Q 800.00/hora
Costo del personal por hora extra (CHE)	Q 1200.00/Hora extra (1.5*800.00)
Tiempo necesario de capacitación (TC)	8 horas
Costo de capacitación del personal para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo (CC)	En tiempo normal $CC=CH*TC = 800*8= Q \mathbf{6400.00}$
	En tiempo extra $CC=CHE*TC = 1200*8= Q \mathbf{9600.00}$

### 3.5.2 Cálculo de costos en herramientas y equipo

Debido a que se cuenta ya con un departamento de mantenimiento La herramienta y el equipo que se necesita hacer funcionar el programa de mantenimiento ya esta siendo utilizada por los encargados del mantenimiento debe tomarse en cuenta solamente la herramienta que se pueda dañar para reponerla y tener siempre la herramienta suficiente y en las mejores condiciones para ser utilizada.

### 3.5.3 Cálculo de costos de los insumos

Los insumos que se necesitan para que funcione el departamento de mantenimiento son varios entre los que podemos mencionar:

**Tabla VII. Cálculo de costos de los insumos**

Lubricantes	Q 30000.00
Metales	Q 15000.00
Gases	Q 30000.00
electrodos	Q 16000.00
Ropa y zapatos	Q 8500.00
Wipe	Q 2000.00
Thiner	Q 5000.00
Equipos de seguridad	Q 5000.00
pintura	Q 5000.00
Otros	Q 20000.00
<b>total</b>	<b>Q 136,500.00</b>

Esta cantidad es aproximadamente lo que la empresa necesita en insumos anualmente para el departamento de mantenimiento.

#### **3.5.4 Análisis de Beneficio /Costo**

Entre los beneficios que trae un programa de mantenimiento podemos mencionar:

La maquinaria trabajara en óptimas condiciones de funcionamiento durante la producción.

Disminuir los paros de la línea de galvanizado.

Aumentar la vida útil de la maquinaria maximizando así la inversión hecha en la maquinaria.

La necesidad de buscar los beneficios anteriores es el alto costo que tiene para la empresa los paros de la línea o el daño de los equipos dentro de ella, en promedio en reparaciones dentro de la línea se pierden cinco horas a la semana en reparaciones tales como el cambio de los rodillos de hule, engrase, cambio de cadenas dañadas etc. el cambio de los rodillos no se presenta como paros no programados debido a que estos se hacen durante la limpieza que los encargados del horno le hacen a los rodillos de terminación esta consiste en limpiar con cuchillas la superficie del rodillo con el fin de quitar el exceso de zinc que se pega a él, dejar el rodillo lo más cilíndrico posible ya que con las adherencias de zinc se vuelve cónico lo cual hace que la lámina salga con más zinc del necesario, por estas razones es por lo que se hace la limpieza de rodillos generalmente esta la realizan cuando están cambiando de calibre de lámina o los lunes por la mañana es por eso que las reparaciones no tienen impacto directo dentro de los reportes de los paros de producción ya que se reportan como paros por limpieza o como preparación de la línea y no como tareas de mantenimiento o también se realiza los días domingo.

El costo del paro de la línea por hora es de Q 8300.00 esto incluyendo mano de obra, materia prima, costo de oportunidad etc.

Tomando como promedio que a la línea de producción se le dedica un tiempo de cinco horas semanales para el mantenimiento como lo es cambio de rodillos y engrase eso sin incluir imprevistos.

**Tabla VIII. Análisis beneficio/costo**

Tiempo de paros semanales por mantenimiento (TP)	5 horas
Costo por hora del paro de la línea de galvanizado (CH)	Q 8300.00
Costo total semanal de paros de la línea de galvanizado CT	$CT=TP*CH =5*8300.00=$ <b>Q 41500.00</b>

Con la implementación del programa de mantenimiento preventivo se busca disminuir las horas de paro de la línea por motivo de mantenimiento por lo menos en un 25% tratando de hacer todos los trabajos de mantenimiento en los paros programados por producción. Lo que representaría un ahorro semanal para la empresa de Q 10,375.00 la inversión necesaria para echar a andar el programa de mantenimiento es mínima comparada con los beneficios o corto y largo plazo.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

### **4.1 Inventario técnico**

Lo primero a tomar en cuenta para poder implantar un programa de mantenimiento preventivo es el inventario de la maquinaria con la cual contamos en la línea de galvanizado, la codificación, además debemos incluir datos técnicos de la maquinaria para poder darle la atención necesaria a la misma.

#### **4.1.1 Ficha de Maquinaria**

Es la manera en la que identificamos la maquinaria que tenemos dentro de la línea, nos sirve para llevar un control de la misma por ejemplo el proveedor, especificaciones técnicas de servicio, repuestos etc. para los efectos de identificación debemos asignarle un código que debe basado en dígitos que identifican a la maquinaria por el lugar donde se encuentra, el trabajo que realiza, que tipo de equipo es etc. dependiendo que tanta exactitud deseemos en la identificación así será el código a usar en la identificación de la maquinaria.

#### **4.1.2 Ficha Histórica**

Esta nos indica las ordenes de trabajo generadas por la maquina, el análisis de esta nos da cierto modelo de comportamiento de las fallas de la misma, lo cual no sirve para la compra de sus repuestos, la frecuencia de inspección, la calidad de los repuestos etc. además con ellas podemos analizar que tan redituable es mantener la maquina en operación o si es mejor sustituirla por otra.

### **4.1.3 Ficha de Control para la Inspección**

Con esta ficha llevamos un control detallado sobre los puntos a inspeccionar dentro de cada equipo así como de los puntos de lubricación esta tiene doble propósito se indican los puntos a inspeccionar para el encargado del mantenimiento de la maquinaria y al jefe de mantenimiento le sirve para controlar que se están llevando a cabo las inspecciones

### **4.2 Implantación Ideológica**

Un concepto muy importante es la implantación ideológica (convencimiento participativo) de todos los sectores involucrados en la marcha del programa. Pleno conocimiento de la necesidad de su implantación; profundo conocimiento del programa de su metodología y administración. Todo debe empezar por la alta gerencia ya que estos son los que asignan los recursos para el programa y debe seguir hacia abajo hasta llegar al encargado del mantenimiento que debe estar preparado para poder llevar a cabo los controles del programa.

### **4.3 Reparación General**

Un programa de mantenimiento preventivo funciona mejor si es implantado sobre un sistema que este funcionando bien, es necesario que se haga una reparación general dentro de la línea de galvanizado, en el caso de la línea de galvanizado es recomendable empezar la implantación cuando se cambia perol dentro de la línea ya que es el momento en el cual se tiene el tiempo para poder reparar los distintos equipos y maquinaria que hay dentro de la línea de galvanizado. Además se cuenta con los operarios los cuales pueden ayudar en la reparación.

## **4.4 Capacitación**

Es necesario capacitar al personal que estará involucrado dentro del desarrollo del programa de mantenimiento como lo son el personal técnico y el personal directivo se debe capacitar al personal en primer lugar en la forma de administración del programa de mantenimiento luego deben ser capacitados en distintas áreas como lo son lubricantes, electricidad, soldadura para lo cual se puede acudir a los proveedores de estos productos ya que estos en ocasiones brindan capacitaciones para la utilización de sus productos lo cual se hace en forma gratuita para la empresa.

### **4.4.1 Personal técnico para hacerlo funcionar**

Quienes harán la tarea directamente en la maquinaria son los encargados de mantenimiento y los operarios, estos deben ser capacitados para el uso de las fichas que serán necesarias para llevar el control de la maquinaria y las reparaciones que se deben realizar sobre la línea, estos son los que tabularan la información para hacerla llegar al jefe de taller así que deben conocer la forma en la cual deben hacer las inspecciones y visitas a la línea de galvanizado.

### **4.4.2 Personal directivo para administrarlo**

La capacitación que se le dará al personal directivo es como deben interpretar los resultados del control del mantenimiento a través de las fichas diseñadas para el efecto, estos deben ser capaces de hacer una interpretación correcta de los resultados para así tener pronósticos del uso de repuestos, materiales, tiempos de inspección y de los paros necesarios de la línea de producción etc.

#### **4.5 Recursos financieros para iniciarlo**

Los recursos financieros para iniciar el plan son muy importantes ya que sin estos no se puede empezar con nada parte de esto depende de la concientización de la alta gerencia de la necesidad el programa de mantenimiento así como de los beneficios que traerá consigo en este caso no se requiere de mucha inversión para poner a funcionar el programa ya que se cuenta con la infraestructura y el personal necesario para hacerlo lo que se necesita es la concientización y capacitación todos los involucrados en el mantenimiento.

#### **4.6 Informar al personal del programa metodología y administración**

Todo el personal debe estar bien informado de cómo debe llevarse a cabo el programa de mantenimiento, de todos los pasos que deben hacerse para tener un mejor control de la maquinaria así como la forma en la cual será administrado el programa, es necesario delimitar quienes son los responsables de hacerlo funcionar así como de la responsabilidad que tiene cada persona dentro del programa de mantenimiento.

#### **4.7 Tiempo de implantación**

La impaciencia puede hacer que el sistema no de los frutos esperados, es necesario que todas las personas que estén involucradas dentro del programa de mantenimiento sepan que para una implantación exitosa se requiere un periodo razonable para observar resultados satisfactorios, el tiempo prudencial es de 1 a 2 años para su implantación, al inicio los costos de mantenimiento se elevaran debido a que en las inspecciones se encuentran muchas fallas por lo cual se incrementa el consumo de repuestos y los paros de producción, todos los niveles y

departamentos deben estar bien informados de las dificultades que se presentarán para que colaboren de mejor forma.

#### **4.8 Implantación Progresiva**

La implantación progresiva implica que el programa no se aplica a todo el sistema de un solo golpe sino que se inicia en un área piloto ya que esto produciría confusión dentro de la línea de producción y sería mucho más difícil llevar el control ya que no se cuenta con ninguna experiencia en este tipo de controles, además se deben corregir errores y mejorar métodos de mantenimiento los cuales no son del útiles al programa de mantenimiento en este caso es aconsejable que se inicie por el área de galvanizado ya que es el área que produce mayor numero de paros a la línea de galvanizado.

#### **4.9 Aplicación Selectiva**

El programa debe ser aplicado de una forma selectiva ya que en la línea existen equipos que por sus condiciones de uso son críticos y es necesario que tenga mayor atención que otros equipos, después de elegir el equipo y las partes a mantener, se debe establecer una ruta de inspección que se adecue de mejor forma a las necesidades de la línea.

En el caso de la línea de galvanizado de láminas un punto crítico son los cojinetes de los rodillos por las condiciones ambientales bajo las cuales trabajan por lo cual es aconsejable iniciar por estos dentro del área de galvanizado.



## **5. MEJORA CONTINUA**

### **5.1 Revisión periódica de los programas de mantenimiento**

Para que un programa de mantenimiento funciones bien a lo largo del tiempo este se debe de adecuar a las necesidades de la maquinaria y de producción de lo contrario se vuelve obsoleto y en lugar de favorecer al buen funcionamiento de las instalaciones estorba las labores de producción, el programa debe estar al día con las exigencias que el mercado le presente a la empresa.

### **5.2 Revisión de los programas de producción**

Para tener un programa de mantenimiento al día es necesario que analicemos continuamente los programas que tiene producción para poder adecuar sus necesidades con la disponibilidad del departamento de mantenimiento ya que producción no debe planear lo que la maquinaria no le puede producir, si hacemos que los requerimientos de producción estén alineados con los planes mantenimiento tendremos maquinaria mas eficiente y en mejores condiciones para nuestro proceso, mejor calidad en nuestro producto terminado, menor cantidad de producto reprocesado mejores lapsos de entrega en fin es muy necesario para los intereses de la empresa la coordinación de mantenimiento y producción.

### **5.3 Medición de la efectividad del mantenimiento preventivo**

Cuando implantamos un programa de mantenimiento preventivo buscamos una mejora en la producción después de cierto tiempo deseamos saber los resultados que hemos obtenido con la implantación del mismo, con el objetivo de saber si se obtuvo el efecto esperado o si fue en vano todo lo realizado, para saberlo existen diferentes criterios que podemos utilizar para poder analizar los resultados obtenidos.

#### **5.3.1 Índices de medición del mantenimiento**

##### **5.3.1.1 Tiempo promedio operativo (TPO)**

Este índice hace una relación entre el tiempo que funciona la maquinaria y la cantidad de paros que tiene la maquinaria en cierto tiempo matemáticamente se representa por la siguiente ecuación:

$$\text{TPO} = \frac{\sum \text{HTPO}}{\text{NTPC}}$$

- HTPO= Numero total de horas en operación de la maquinaria en cierto periodo.
- NTPC= Numero total del paros presentados en ese mismo periodo de tiempo.

### **Ejemplo:**

Deseamos saber el tiempo promedio de operación de una maquina en el periodo del 1 de junio al 1 de julio del año 2005 en dicho periodo la maquina trabajo durante 160 horas de las 192 disponibles en el periodo en las cuales presento 45 fallas de distinta índole.

Siguiendo la ecuación anteriormente descrita decimos que

$$TPO = HTPO / NTPC = 160 / 45 = \mathbf{3.55 \text{ horas}}$$

Este resultado nos indica que el tiempo promedio de operación para la maquina es de 3.55 horas.

### **5.3.1.2 Tiempo promedio para reparar (TPPR)**

En este índice hacemos una relación entre el tiempo que tenemos la línea de producción detenida por trabajos de mantenimiento con las fallas que tenemos para los fines de cálculo aplicamos la ecuación matemática que hace una relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado. Ese índice debe ser usado para ítems para los cuales el tiempo de reparación o sustitución es significativo con relación al tiempo de operación.

$$TPPR = \frac{\sum HTPC}{NTPC}$$

- HTPC= Tiempo que dura la reparación del ítem
- NTPC= numero total del fallas presentadas por el ítem durante cierto periodo de tiempo.

### **Ejemplo:**

Se desea saber el tiempo promedio de reparación de una maquina en el periodo del 1 de junio al 1 de julio del año 2005 en dicho periodo la maquina presento 45 fallas de distinta índole para las cuales fueron necesarias 32 horas de reparación.

Siguiendo la ecuación descrita anteriormente tenemos:

$$TPPR = HTPC/NTPC = 32/45 = \mathbf{0.71 \text{ horas}}$$

Este resultado nos indica que el tiempo promedio de reparación para las 45 fallas que se tuvieron en el periodo fue de 0.71 horas por fallas.

### **5.3.1.3 Tiempo promedio entre fallas (TPEF)**

Este expresa el tiempo que pasamos entre una reparación y otra matemáticamente lo describimos como la relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas, en esos ítems en el período observado. Un ítem es una parte de la maquinaria que tenemos dentro de la línea de producción

$TPEF = \frac{NOIT * HROP}{NTMC}$
-----------------------------------

- NOIT= Número total de ítems
- HROP=tiempos de operación de los ítems que presentan fallas.
- NTMC Numero total de fallas presentadas por el ítem durante cierto periodo de tiempo.

### **Ejemplo:**

Se desea saber el tiempo promedio entre fallas de una maquina en el periodo del 1 de junio al 1 de julio del año 2005 en dicho periodo las 16 maquinas presentaron 130 fallas de distinta índole y el tiempo promedio de operación de las maquinas fue de 160 horas.

Siguiendo la ecuación descrita anteriormente tenemos que en un periodo de 31 días el tiempo promedio entre fallas es de:

$$\text{TPEF} = \text{NOIT} * \text{HROP} / \text{NTMC} = 16 * 160 / 130 = \mathbf{19.7 \text{ horas}}$$

Este resultado nos indica que el tiempo promedio entre fallas es de 19.7 horas.

#### **5.3.1.4 Trabajo en mantenimiento programado**

Esta es la relación que se presenta entre el tiempo se pasa el personal de departamento de mantenimiento en labores programadas de mantenimiento preventivo y el número de horas disponibles para los mismos,

este índice debe tender a ser el 100% lo cual representa estamos realizando trabajos preventivos mas que correctivos.

$$TMP = \frac{\sum HHMP * 100}{HH \text{ disp.}}$$

- HHMP= Horas hombre en mantenimiento preventivo programado en cierto periodo.
- HH Disp.= Disponibilidad de horas hombre durante cierto periodo.

### **Ejemplo:**

Se desea saber el porcentaje de tiempo utilizado por un técnico en trabajos programados en el periodo del 1 de junio al 1 de julio del año 2005 en el cual el técnico estuvo 102 horas haciendo mantenimiento preventivo y el resto en otras labores.

Trabajando Una jornada diurna de 44 horas a la semana tenemos que en ese periodo tuvimos 192 horas hombre de disponibilidad por lo tanto siguiendo la ecuación antes descrita:

$$TMP = (\sum HHMP / HH) * 100 = (102 / 192) * 100 = \mathbf{53.12 \%}$$

Este resultado nos indica que de todo el tiempo que el trabajador tiene disponible para trabajar solamente el 53.12 por ciento es utilizado en mantenimiento preventivo el resto puede estar siendo utilizado en mantenimiento correctivo o en retrasos personales del operario.

### 5.3.1.5 Trabajo en mantenimiento correctivo

Con este índice encontramos la relación entre las horas que el personal de mantenimiento pasa en reparaciones de tipo correctivo en la maquinaria y el equipo en un periodo determinado y la disponibilidad de horas en el mismo periodo, según avance la implantación del programa de mantenimiento debe ir disminuyendo tratando de hacerlo llegar a cero lo que nos indica que solamente hacemos trabajos preventivos dentro de la línea de galvanizado.

$$TMC = \frac{\sum HHMC * 100}{HH \text{ disp.}}$$

- HHMC=Representa la cantidad de horas que el personal utiliza en mantenimiento correctivo.
- HH Disp.=Representa la cantidad de horas disponibles por parte del departamento de mantenimiento

#### Ejemplo:

Deseamos saber el porcentaje de tiempo utilizado por un técnico en trabajos de mantenimiento correctivo en el periodo del 1 de junio al 1 de julio del año 2005 en el cual el técnico utilizó 45 horas en trabajos de mantenimiento correctivo.

Trabajando una jornada diurna de 44 horas a la semana tenemos que en ese periodo tuvimos 192 horas hombre de disponibilidad por lo tanto siguiendo la ecuación antes descrita:

$$\text{TMC} = (\sum \text{HHMC} / \text{HH}) * 100 = (45 / 192) * 100 = \mathbf{23.43 \%}$$

Este resultado nos indica que de todo el tiempo que el trabajador tiene disponible para trabajar en las instalaciones de la empresa utiliza el 23.43 por ciento en tareas de mantenimiento correctivo.

#### **5.4 Búsqueda de nuevos insumos para el mantenimiento**

Es necesario que continuamente se busquen nuevos insumos para el mantenimiento ya que la tecnología hace que continuamente se estén innovando las técnicas del mantenimiento siempre teniendo en cuenta que no porque sea lo mejor en tecnología debe ser lo mejor para nuestro proceso, esto se debe a que puede ser que sea lo mejor en tecnología pero es demasiado caro o no se adapta a nuestras necesidades entonces esto lo hace obsoleto para nosotros, la misión de mantenimiento es tener la maquinaria en optimas condiciones al menor costo posible eso se debe tener muy en cuenta al decidir sobre lo nuevo que deseamos implementar en nuestro proceso.

##### **5.4.1 Lubricantes**

Continuamente los fabricantes están evolucionando sus técnicas y productos para adecuarse a nuestras necesidades, si tomamos como ejemplo el área de galvanizado de nuestro proceso de galvanizado vemos que existe un punto critico para la lubricación ya que este se encuentra sometido a extremo calor, ambiente altamente corrosivo, difícil acceso para el mantenimiento, todos estos son factores que debemos tomar en cuenta

para saber que necesitamos productos que satisfagan nuestras necesidades y buscar siempre algo mejor a lo que tenemos actualmente.

#### **5.4.2 Repuestos**

Al igual que con los lubricantes en nuestro proceso existen puntos en los cuales las piezas de las maquinas están sometidos a condiciones extremas para lo cual no fueron diseñadas, se debe de estudiar la posibilidad de hacer ciertos cambios en la maquinaria que nos lleven a la mejor utilización de los recursos, por ejemplo en los cojinetes de los rodillos de terminación están inmersos en un ambiente altamente corrosivo y con altas temperaturas para lo que seguramente no fueron diseñados y para empeorar la lubricación es poca o casi nula esto hace que los rodillos como los cojinetes tengan muy poca duración por el desgaste que existen entre ambas piezas, se debe de buscar piezas que soporten de mejor forma las condiciones en este punto y que sean rentables para nosotros.

#### **5.5 Capacitación del personal sobre nuevas técnicas útiles en el mantenimiento**

La capacitación del personal es vital en el progreso de los programas de mantenimiento, la capacitación hace que las personas sean más críticas sobre las operaciones que realizan, ya que conocen sobre distintas técnicas, materiales y repuestos que se pueden utilizar en el mantenimiento, es diferente la capacitación que debe dársele al personal técnico que a los directivos, ya que al personal técnico debe de aprender mediante cursos prácticos y el personal directivo debe de aprender mediante seminarios los cuales los preparan para la toma correcta de decisiones.

En el caso de la línea de galvanizado de láminas, los encargados de mantenimiento deberían tener capacitación sobre lubricantes, calderas,

tratamientos térmicos, calidad, una forma sencilla y que no repercute mucho en los costos de la empresa es en la cual los proveedores de los materiales dan capacitación sobre el uso de sus productos o también a través de instituciones dedicadas a la capacitación como los son Intecap y kinal.

## **5.6 Propuesta para un programa de Mantenimiento Predictivo**

El objetivo del mantenimiento preventivo es prevenir una avería cambiando ciertas partes según especificaciones del fabricante o mediante promedios de vida útil, en cambio el mantenimiento predictivo busca predecir el punto exacto en el cual las partes de los equipos debe ser cambiada con lo cual no se desperdicia vida útil que las partes aun tienen, el mantenimiento predictivo es llamado también previsor su objetivo principal es buscar el punto optimo para la ejecución del mantenimiento preventivo. Este se basa en ensayos no destructivos sobre la maquinaria para saber el estado de las partes de las mismas. Pero un programa de mantenimiento predictivo no se puede aplicar si no se cuenta con una base para el mismo, como lo sería un programa de mantenimiento preventivo. Hay tres pilares fundamentales en el mantenimiento predictivo que son:

- Análisis de vibraciones
- Análisis de aceites
- Termografía

### **5.6.1 Análisis de vibraciones**

El interés de de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

La maquinaria rotativa produce vibraciones mecánicas cuya intensidad puede exceder los límites admisibles poniendo en peligro la funcionalidad del equipo y la seguridad del entorno.

Mediante un análisis de vibraciones se pueden encontrar rodamientos malos, problemas de desbalanceo, desalineación, bases y cimentaciones insuficientes, desgaste de piezas internas interferencia de engranajes, etc.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

Parámetros de las vibraciones.

- Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
- Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su .
- Velocidad y Aceleración: Como valor relacional de los anteriores.
- Dirección: Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales

A continuación detallamos las razones más habituales por las que una máquina o elemento de la misma puede llegar a vibrar.

- Vibración debida al desequilibrado (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la falta de alineamiento (maquinaria rotativa)

- Vibración debida a la excentricidad (maquinaria rotativa).
- Vibración debida a la falla de rodamientos y cojinetes.
- Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

El trabajo consiste en crear una base de datos de las máquinas de la empresa y hacer visitas periódicas de inspección, en que se entrega sendos informes con el diagnóstico del estado vibracional actual y nivel de temperatura de los equipos con las prioridades de atención.

Con el tiempo se dispone de la información de tendencias de manera que se planifican las acciones correctivas de los problemas encontrados.

### **5.6.2 Análisis de aceites**

Este consiste básicamente en el análisis de los lubricantes que utiliza la maquinaria y el equipo de producción se analiza en el lubricante la presencia de agentes extraños los cuales son producto del desgaste o de contaminación por otras causas del lubricante.

Los análisis se realizan dependiendo de la necesidad, entre estos podemos mencionar:

**Análisis Iniciales:** se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación

**Análisis Rutinarios:** aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo y/o Lubricante, según:

- Contaminación con agua
- Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
- Uso de un producto inadecuado

Equipos

- Bombas de extracción
- Envases para muestras
- Etiquetas de identificación
- Formatos

Este método asegura que tendremos:

- Máxima reducción de los costos operativos.
- Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.
- Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.
- Mínima generación de efluentes.

En cada muestra podemos conseguir o estudiar los siguientes factores que afectan a nuestra máquina:

Elementos de desgaste: Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo.

Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.

Contaminantes: Silicio, Sodio, Agua, Combustible, Hollín, Oxidación, Nitración, Sulfatos, Nitratos.

Aditivos y condiciones del lubricante: Magnesio, Calcio, Zinc, Fósforo, Boro, Azufre, Viscosidad.

Gráficos e historial: Para la evaluación de las tendencias a lo largo del tiempo.

De este modo, mediante la implementación de técnicas ampliamente investigadas y experimentadas, y con la utilización de equipos de la más avanzada tecnología, se logrará disminuir drásticamente:

- Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.
- Desgaste de las máquinas y sus componentes.
- Horas hombre dedicadas al mantenimiento.
- Consumo general de lubricantes

Un ejemplo de un análisis de aceites es el que realizan las compañías que venden los lubricantes como parte del servicio postventa, algunas de estas ofrecen realizar el análisis de aceites de forma gratuita con lo cual ayuda a no tener que tener un laboratorio propio para el análisis el siguiente cuadro es un ejemplo de un informe del análisis de aceites realizado por una compañía que vende los aceites.

**Tabla IX. Cuadro de análisis de aceites**

CÓDIGO MAQUINA	DESGASTE										CONTAMINACION										ESTADO DE LUBRICANTE										MREC2	MREC3		
	FE	CR	PB	CU	AL	NI	AG	SI	FUEL	WATER	GLYC	LUB	SI	FUEL	WATER	GLYC	LUB	B	NA	MG	CA	BA	ZH	MO	TI	V	OXI	MIT	SUL	SOOT			WISC100	
1	80	2	4	5	10	0	3	13	0.00	0.00	0.00	V	ANORMAL						4	0	12	3525	0	1282	6	0	0	0.03	0.06	0.13	0.07	14.00	206	
2	6	0	1	3	3	0	0	6				V	NORMAL						30	0	9	2811	0	1146	7	0	0				11.00	NCA		
3	180	1	10	15	13	0	0	47	0.02	0.00	0.00	A	ANORMAL						4	0	63	3465	0	1415	1	0	0	0.01	0.03	0.08	0.36	11.90	209	101
4	5	0	1	4	4	0	0	4				V	NORMAL						0	0	13	2352	0	944	10	0	0				11.50	NCA		
5	154	2	9	7	11	10	0	4	137	0.00	0.00	0.00	A	CRITICO						4	0	49	2950	0	960	0	0	0	0.18	0.07	0.25	0.26	13.00	200
6	20	0	2	17	24	0	0	46				V	CRITICO						30	0	15	2747	0	1224	3	0	0				11.30	***		
7	19	0	2	3	8	0	3	25	0.00	0.00	0.00	A	NORMAL						4	0	9	3100	0	1032	0	0	0	0.06	0.10	0.06	0.10	12.30	110	
8	91	7	3	9	84	0	3	211	0.00	0.00	0.00	V	CRITICO						6	0	19	3132	0	1103	1	0	0	0.04	0.05	0.13	0.09	13.20	209	
9	7	0	0	11	4	0	0	13				V	NORMAL						53	0	14	3177	0	1185	2	0	0				9.80	NCA		
10	23	0	3	2	5	0	0	21	0.00	0.00	0.00	V	NORMAL						3	0	10	3388	0	1145	4	0	0	0.09	0.06	0.34	0.25	14.80	NCA	

### 5.6.3 Termografía

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

La termografía consiste en la medición de temperatura absoluta a distancia de cualquier objeto en terreno, en diferentes puntos de interés para el mantenimiento, en la cual es posible detectar fallas ocultas esta es una forma de detectar un mal funcionamiento en alguna parte de la maquinaria, esto debido a que cuando por ejemplo un cojinete tiene mucho desgaste por la fricción produce calor, o en cable de electricidad lo cual lo detecta la cámara infrarroja con la cual se hacen las mediciones.

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

- Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.
- Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.
- Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.
- Hornos, calderas e intercambiadores de calor.
- Instalaciones de climatización.
- Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:

- Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.
- Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.
- Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.
- Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.
- Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.
- Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.



## CONCLUSIONES

1. El mantenimiento que se le da a la línea de galvanizado, actualmente es del tipo correctivo lo cual implica que se tienen muchos paros no programados y que los tiempos de reparación son bastante largos debido a que cuando se para la línea es por un daño mayor de la maquinaria de la misma.
2. Las fallas presentadas por la línea de galvanizado no indican directamente el estado de la maquinaria, ya que dentro de la misma cuando algún equipo presenta una falla es reemplazado por otro en buen estado, aunque la maquinaria que se encuentra dentro de la línea es un poco antigua aún cumple con las necesidades de la línea, pero dentro de ciertos límites, los problemas se dan cuando se necesita aumentar el ritmo de producción.
3. Debido a que el programa de mantenimiento que se utiliza actualmente es del tipo correctivo todas las acciones de las personas del departamento de mantenimiento están encaminadas a la corrección de fallas, aunque ya se encuentran ciertos puntos en los cuales se empieza a aplicar rutinas de mantenimiento preventivo pero en las cuales no se lleva ninguna clase de control, pero la actitud de parte de los encargados del mantenimiento se tiene respecto a la necesidad de un programa de mantenimiento preventivo.

4. En la línea de galvanizado se encuentran puntos que son muy importantes para el proceso y los cuales a su vez representan condiciones extremas, ya sea por calor, por corrosión por su ubicación o por lo necesario que son dentro del proceso que los hacen un punto crítico para tomar muy en cuenta cuando se diseñe una rutina de mantenimiento para éstos.
  
5. Entre los factores que influyen actualmente en la productividad de la línea da galvanizado están: el desfase entre las necesidades de producción y las de mantenimiento, los continuos paros por mantenimiento correctivo los defectos en el producto final etc. por lo cual debemos tomar en cuenta que todo programa de Mantenimiento Preventivo debe ser lo suficientemente firme para mantener los equipos en funcionamiento el mayor tiempo posible y lo suficientemente flexible para poder adecuarse a las necesidades de producción, por lo cual en el momento de diseñar este programa de mantenimiento preventivo se tomaron en cuenta los factores antes mencionados para aumentar la productividad de la línea.
  
6. Debido a que el objetivo es aumentar la productividad del mantenimiento se debe evitar las averías o de existir de debe reparar en el menor tiempo posible, haciendo que el trabajo sea lo mas uniforme posible y al menor costo posible, esto se logra mediante la reducción de productos defectuosos debidos a un mal mantenimiento, evitar paros no programados en producción y reparaciones demasiado largas por el daño irreparable en los equipos.

7. No existe una receta para diseñar programas de mantenimiento preventivo, ya que estos se deben adecuar a la realidad de cada lugar donde se pretenda implantar uno, pero existen puntos que todos los programas deben tener en común, se debe buscar siempre el bien de la empresa, la maquinaria no es eterna se debe buscar la máxima utilidad hasta el punto en que deje de ser rentable el mantenimiento de la misma, los programas de mantenimiento deben ser flexibles para adecuarse a las exigencias de los distintos departamentos de la empresa.



## RECOMENDACIONES

1. Es necesario para poder afrontar los requerimientos del mercado actual implementar un programa de mantenimiento preventivo en la línea de galvanizado de láminas, ya que con esto se buscará reducir los paros no programados en producción y, reducir la cantidad de producto no satisfactorio que se están produciendo actualmente.
2. Si se desea reducir el número de fallas dentro de la línea de galvanizado es necesario llevar un control más estricto del mantenimiento así como de la calidad de las láminas pero buscando la causa del defecto y no solo pasar a productos de segunda las láminas que se encuentren con defectos.
3. Si se desea implementar un programa de Mantenimiento Preventivo es necesario que se definan bien las responsabilidades y las tareas que debe realizar cada una de las personas que estarán encargadas del mantenimiento así como hacerles conciencia de los beneficios que trae para ellos y para la empresa un mejor control del mantenimiento de la maquinaria.
4. Es necesario hacer un estudio específico para cada uno de los puntos críticos, con el fin de diseñar una rutina efectiva para cada punto, en la cual debemos de tomar en cuenta desde los lubricantes, tiempos de inspecciones así como el diseño de los equipos los cuales en caso necesario deberán ser rediseñados para lograr una mayor productividad del mantenimiento.

5. Se debe tener muy en cuenta que el tiempo para un implantación efectiva de un programa de mantenimiento preventivo es de por lo menos dos años ya que se deben adecuar de la mejor forma las exigencias de producción como de mantenimiento por lo cual la paciencia es un requisito para que se lleve a cabo satisfactoriamente, el departamento de mantenimiento debe estar evaluando constantemente las rutinas de mantenimiento para que no se tornen obsoletas.
  
6. Ya que implantaremos un programa de mantenimiento preventivo lo que necesitamos para aumentar la productividad es una buena planeación del trabajo de los encargados de mantenimiento, así como de las reparaciones para que el trabajo del departamento este sobre un nivel normalizado, también es necesario designar a las personas que se encargaran del mantenimiento de la línea los cuales deben ser capacitados en el manejo del programa de mantenimiento y no en tareas fuera de la línea de producción.
  
7. Se debe tener la mente abierta para poder escuchar a las personas que ya tienen experiencia sobre la maquinaria para poder diseñar rutinas adecuadas a las necesidades de la maquinaria ya que las maquinarias no siempre se utilizan en los ambientes para los cuales han sido diseñadas y las personas que les dan mantenimiento saben cosas tips que se aprenden solo con la experiencia.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Baumister, Theodore. Manual del Ingeniero Mecánico, México: Mcgraw-Hill, 1,982
- Monroy Peralta fredy Mauricio. Principios básicos de mantenimiento, Guatemala, Centroamérica: s.l. 2003. 31pp.
- Maldonado, C. El mantenimiento Preventivo, Colección " Qué es y para qué ". Madrid, España: Editorial Index. 1,971
- Morrow, L.C., Vol. 1, Enciclopedia de Mantenimiento Industrial, CECSA, 1986
- García Pelayo, R. y Gross. Pequeño Larousse Diccionario Enciclopédico. Barcelona, España: Editorial Noguera, 1972.
- Hellriegel, Jackson, Slocum. Administración un Enfoque Basado en Competencias, Colombia, Thomson, 2002
- Sumanth, David J. Administración para la productividad total, México 1999, primera edición.

## **BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA**

- Amendola, Luís. Sistemas balanceados de indicadores en la gestión de activos "Maintenace Scorecard", Artículo publicado, Web [www. mantenimientomundial .com](http://www.mantenimientomundial.com), 2005.