

 **PDF Complete**
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.
[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)



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

**MEJORAMIENTO EN LA ADMINISTRACIÓN DE ACTIVIDADES
DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y DEL MANEJO DE
INVENTARIOS DE REPUESTOS Y MATERIALES EN LA PLANTA
DE ALAMBRES DE AGSA**

Roberto José Sagastume Flores
Asesorado por: Ing. Edgar Orlando Pinzón Trangay

Guatemala, enero de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO EN LA ADMINISTRACIÓN DE ACTIVIDADES DE
MANTENIMIENTO MECÁNICO Y DEL MANEJO DE INVENTARIOS DE
REPUESTOS Y MATERIALES DE LA PLANTA DE ALAMBRES DE AGSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROBERTO JOSÉ SAGASTUME FLORES

ASESORADO POR ING. EDGAR ORLANDO PINZÓN TRANGAY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMIMA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Edwin Rolando Borrayo Gómez
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Carranza
EXAMINADOR	Ing. Pedro Enrique Kubes Zacek
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 de graduación titulado:

MEJORAMIENTO EN LA ADMINISTRACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y DEL MANEJO DE INVENTARIOS DE REPUESTOS Y MATERIALES DE LA PLANTA DE ALAMBRES DE AGSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de junio 2003.

Roberto José Sagastume Flores

DEDICATORIA

- A Dios** Por haberme permitido vivir este éxito en mi vida
- A mis padres** José Andrés Sagastume Palma, Berta Alicia Flores Arriola, por sus sabios consejos, sacrificio, amor y paciencia
- A mis hermanos** Carlos Alberto, Luis Fernando, Ana Luisa, para que este logro personal les motive seguir adelante en sus carreras
- A mis abuelos** Rafael Austreberto Sagastume, papabeto (Q.D.E.P), María Luisa Palma (mamaita), José Gildardo Flores, papalalo (Q.D.E.P.), Berta Arriola (mamaberta)
- A mis tías y tíos** en especial a Juana, Dolores, por su apoyo moral
- A mis primos** por su cariño mostrado en el transcurso de mi vida
- A mis amigos** por su apoyo en todo momento
- A LA FACULTAD DE INGENIERIA**, por los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi carrera
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, por haberme dado la oportunidad de realizarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. MARCO TEÓRICO

1.1	Generalidades de la empresa.....	1
1.2	Descripción de la planta de alambres y su maquinaria.....	2
1.2.1	Sección de trefilación.....	3
1.2.1.1	Descripción de la sección.....	3
1.2.1.2	Descripción de la maquinaria.....	6
1.2.2	Sección de galvanización.....	7
1.2.3	Sección de espigado.....	8
1.2.3.1	Descripción de la sección.....	8
1.2.3.2	Descripción de la maquinaria.....	9
1.2.4	Sección de amarre.....	10
1.2.4.1	Descripción de la sección.....	10
1.2.4.2	Descripción de la maquinaria.....	11
1.2.5	Sección de clavo.....	11
1.2.5.1	Descripción de sección.....	11
1.2.5.2	Descripción de maquinaria	12
1.2.6	Sección de corte y enderezado de alambrón.....	13
1.2.6.1	Descripción de sección.....	13

	1.2.6.2 Descripción de maquinaria.....	13
1.3	Teoría de mantenimiento.....	14
	1.3.1 Tipos de mantenimiento.....	17
	1.3.1.1 Mantenimiento correctivo.....	17
	1.3.1.2 Mantenimiento periódico.....	17
	1.3.1.3 Mantenimiento predictivo.....	18
	1.3.1.4 Mantenimiento preventivo.....	19
	1.3.2 Enfoques modernos de mantenimiento.....	20
	1.3.2.1 Preservación.....	21
	1.3.2.2 Mantenimiento.....	22
1.4	Teoría de modelos de inventarios.....	23
	1.4.1 El modelo de inventarios de cantidad de pedidos económicos.....	24
	1.4.2 El modelo de cantidad de pedidos económicos cuantitativos.....	24
	1.4.3 El modelo de cantidad de pedidos de producción.....	25
	1.4.4 El modelo de revisión continua, demanda probabilística.....	26

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

2.1	Diagrama de la distribución de maquinaria	27
2.2	Listado de maquinaria.....	29
2.3	Personal involucrado en el departamento de mantenimiento.....	30
	2.3.1 Taller mecánico.....	31
	2.3.2 Taller de torno.....	32
	2.3.3 Taller de herrería.....	32
2.4	Actividades realizadas.....	33
	2.4.1 Lubricación y limpieza.....	33
	2.4.2 Lubricantes utilizados.....	34

2.4.3	Inspecciones a las maquinas.....	36
2.4.4	Toma de temperaturas a motores eléctricos.....	36
2.4.4	Mantenimiento correctivo.....	37
2.4.5	Mantenimiento programado.....	37
2.5	Bodega de repuestos y materiales.....	38
2.5.1	Lugar físico de la bodega.....	38
2.5.2	Repuestos y materiales mas utilizados en la planta.....	38
2.5.3	Problemas de la mala distribución de materiales.....	40
2.6	Problemas más comunes en el departamento de mantenimiento.....	40

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO MEJORADO

3.1	Definición de Administración.....	43
3.1.1	El proceso administrativo.....	44
3.1.2	Planeación del mantenimiento.....	45
3.1.2.1	Definición de la misión, objetivos y funciones del departamento de mantenimiento.....	45
3.1.2.2	Priorización de actividades.....	47
3.1.2.3	Programas.....	51
3.1.2.4	Presupuestos.....	53
3.1.2.4.1	Taller mecánico.....	54
3.1.2.4.2	Taller de herrería.....	55
3.1.2.4.3	Taller de tornos.....	56
3.1.2.4.4	Oficinas.....	57
3.1.3	Organización.....	57
3.1.3.1	Organización propuesta en mantenimiento (organigrama).....	57
3.1.3.2	Descripción y especificación de puestos	

propuestos.....	60
3.1.3.3 Responsabilidad en las tareas.....	69
3.1.3.4 Procedimiento para asignación de tareas....	70
3.1.4 Dirección.....	74
3.1.4.1 Técnicas motivacionales	74
3.1.4.1.1 Participación.....	75
3.1.4.1.2 Reconocimiento.....	76
3.1.4.1.3 Dinero.....	76
3.1.5 Control.....	79
3.1.5.1 Base de datos como ayuda en la recopilación y análisis	80
3.1.5.2 Medición del desempeño.....	81
3.1.5.2.1 Situación de bajo desempeño.....	82
3.1.5.2.2 Situación de desempeño intermedio....	83
3.1.5.2.3 Situación de alto desempeño.....	83
3.1.5.2.4 Parámetros para la medición.....	84
3.1.5.3 Cálculo de costo de mantenimiento del equipo.....	85
3.1.5.3.1 Costos directos de mantenimiento.....	86
3.1.5.3.2 Costos de parada del equipo.....	86
3.1.5.3.3 Costos de suministros.....	87
3.1.5.3.4 Costos de mano de obra.....	87
3.1.5.3.5 Indicadores del control de costos.....	89
3.1.5.4 Análisis de sus causas, estados y consecuencias de fallas.....	90
3.1.5.4.1 Definición de las fallas funcionales....	90
3.1.5.4.2 Determinación de los modos de falla....	91
3.1.5.4.3 Análisis de problemas.....	91
3.1.5.4.4 Junta de lluvia de ideas.....	92

	3.1.5.4.5 Diagrama de causa y efecto.....	92
3.2	Actividades propuestas para el mantenimiento preventivo.....	94
3.2.1	Codificación de maquinaria.....	94
3.2.2	Inspecciones o revisiones preventivas.....	98
3.2.3	Lubricación y limpieza.....	99
	3.2.3.1 Lubricación.....	99
	3.2.3.2 Limpieza.....	103
3.2.4	Correcciones programadas.....	103
4.	CONTROL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS Y MATERIALES	
4.1	Clasificación de los componentes de la bodega del taller.....	107
4.1.1	Lugar físico de la bodega.....	108
4.1.2	Bodega de herramienta	108
4.1.3	Bodega de repuestos y rodamientos.....	110
	4.1.3.1 Repuestos.....	110
	4.1.3.2 Rodamientos.....	112
4.1.4	Bodega de materiales.....	114
4.2	Determinación de repuestos y materiales más importantes por sección.....	114
4.3	Determinación del modelo óptimo para el caso.....	114
4.3.1	Costo de compra.....	114
4.3.2	Costo de pedidos.....	115
4.3.3	Costo de conservación.....	115
4.3.4	Costo anual total.....	115
4.3.5	Política de reorden.....	115
4.3.6	Política de stock mínimo.....	116
4.3.7	Nivel de reorden.....	116
4.3.8	Stock mínimo.....	116
4.3.9	Cantidad óptima de pedidos.....	116

4.4	Calculo de variables importantes para el control de inventarios.....	118
4.4.1	Trefilación.....	118
4.4.2	Espigado.....	119
4.4.3	Clavo.....	120
4.4.4	Corte y enderzado de alambrón.....	121
4.4.5	Amarre.....	122
4.4.6	Galvanización.....	123
4.5	Resumen de cálculos encontrados.....	125
4.5.1	Tabulación de resultados.....	126
4.5.1.1	Observaciones importanes de los cálculos.....	127
4.5.2	Gráficas de los resultados encontrados.....	128
4.5.3	Recomendaciones basadas en los resultados.....	131
	CONCLUSIONES.....	133
	RECOMENDACIONES.....	135
	BIBLIOGRAFÍA.....	137
	APÉNDICES.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Estirado de alambre	3
2	Estirado continuo de alambre	7
3	Alambre espigado tipo Iowa	9
4	Distribución de maquinaria	28
5	Organigrama actual del departamento de mantenimiento	30
6	Ejemplo de un programa mensual de trabajo	52
7	Ejemplo de un presupuesto	54
8	Organigrama propuesto para el departamento de	59
9	Formato de solicitud de trabajo	72
10	Formato de orden de trabajo	73
11	Tipos de comunicación	78
12	Costos totales de mantenimiento	86
13	Gráfica de cantidad de mantenimiento	88
14	Ejemplo de un diagrama de causa y efecto	93
15	Formato de hoja para el préstamo de herramienta	109
16	Cantidad optima de pedidos	117
17	Comportamiento del inventario en el tiempo	117
18	Gráfica de resultados de la sección de trefilación	128
19	Gráfica de resultados de la sección de espigado	128
20	Gráfica de resultados de la sección de clavo	129
21	Gráfica de resultados de la sección de corte y enderezado	129
22	Gráfica de resultados de la sección de amarre	130
23	Gráfica de resultados de la sección de galvanización	130
24	Figura de una máquina múltiple de trefilado de alambre	139

25	Formato de inspección de la sección de galvanización	140
26	Formato de inspección de la sección de espigado	141
27	Formato de inspección de la sección de corte y enderezado	142

TABLAS

I	Calibración de alambre <i>Birmingham Wire Gauge</i> (BWG)	5
II	Evolución del mantenimiento	17
III	Listado de maquinaria de la planta de alambres	29
IV	Características de los lubricantes utilizados	35
V	Características de las grasas utilizadas	36
VI	Resumen por sección de piezas vitales	39
VII	Aplicación del método numérico (sección de trefilación)	48
VIII	Clasificación de código maquina y código trabajo	50
IX	Codificación de la maquinaria o equipo de la planta	97
X	Ejemplo de un programa de lubricación	102
XI	Repuesto o material para el calculo de variables	114
XII	Resumen de cálculos encontrados	126

GLOSARIO

Alfanumérico	Combinación de letras con números
Bobina	Parte cilíndrica de una maquina trefiladora que se encuentra en rotación y es donde se enrolla el alambre luego de que es pasado a través de un dado
Chaveta	Elemento que sirve como embrague de acción rápida en una maquina de cortar y enderezar alambrón
Corredera	Pieza que porta la cuchilla de corte en las maquina de clavo de madera y de lamina, fabricada de <i>cold rolled</i>
Dados	Elemento por donde es halado el alambrón para la reducción de su diámetro original hasta un diámetro requerido
<i>Dead Block</i>	O block muerto, la bobina se encuentra en reposo mientras que el alambre es enrollado alrededor de él por medio de un volante en una máquina trefiladora
Enderezador	Pieza de hierro fundido de una máquina de cortar y enderezar alambrón que gira a altas revoluciones y es la que endereza el alambrón

Embobinadoras	Máquina que enrolla los rollos de alambre galvanizado en la línea de galvanización
Excéntrica	Mecanismo que por medio de un desfase en el eje de rotación, se crea un movimiento de vaivén
Extrusión	Proceso mediante el cual se fuerza una palanquilla a fluir a través de un orificio de un dado, para que tome la forma de la sección transversal del orificio
Leva	Mecanismo de las máquinas tipo Moto que por medio de un seguidor realiza un movimiento diferente
Manerales	Pieza que sirve de cuña para los rollos de alambre galvanizado en la máquina de enrollado de alambre
Trefilación	Proceso mediante el cual es halado un material de trabajo a través de un orificio de un dado

RESUMEN

La administración es una herramienta muy poderosa en el área profesional del ingeniero, esto debido a que constantemente la tarea primordial es la de administrar eficazmente los recursos disponibles de una empresa, para contribuir con el éxito de la organización en un mercado sumamente competitivo. Se ha aplicado la teoría del proceso administrativo a un departamento de mantenimiento mecánico en una planta de fabricación de clavo y alambre.

El capítulo uno, se inicia con la descripción general de la planta, tanto de sus secciones como la maquinaria que la compone. Además, se describe brevemente la teoría de mantenimiento y la teoría de modelos de inventarios. En el siguiente, se realiza un completo análisis de la situación actual del departamento de mantenimiento, involucrando las actividades realizadas por el taller mecánico y de herrería, así como también, la localización física de la bodega de repuestos y materiales. Este análisis nos ayuda a la realización del programa de mantenimiento preventivo mejorado descrito en el tercer capítulo. Este programa se enfoca en los cinco pasos del proceso administrativo, la planeación, organización, dirección, integración y control, aplicado al departamento de mantenimiento. En este mismo capítulo, se describe la forma de cómo se deben realizar las inspecciones preventivas, la lubricación y limpieza adecuada, y las correcciones programadas de la maquinaria, elementos principales en un mantenimiento preventivo. Por último, se determinan variables de interés para el manejo de inventarios de repuestos y materiales de la planta, para luego tabular y graficar dicha información.

OBJETIVOS

➤ **General**

Incrementar la disponibilidad de la maquinaria en la planta de alambres de Aceros de Guatemala para el mejoramiento, tanto de la productividad del proceso, como la eficiencia de las máquinas.

➤ **Específicos**

1. Describir la planta de alambres de Aceros de Guatemala, con su maquinaria incluida, y los enfoques más importantes de los temas de mantenimiento y control de inventarios.
2. Realizar un estudio minucioso de la situación actual de la planta en el departamento de mantenimiento para lograr formarse una idea de que actividades o áreas se deben atacar.
3. Identificar los pasos que envuelve la administración, enfocado al área de mantenimiento de una planta de trefilación.
4. Visualizar las actividades más importantes que se deben de tomar en cuenta en el seguimiento de un mantenimiento preventivo mecánico en la planta de trefilación.
5. Clasificar físicamente los repuestos de los materiales para el mejor control dentro del taller de mantenimiento.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

6. Calcular variables de interés en el control de la bodega de repuestos y materiales para que sirvan como guía para el requerimiento de dichos productos.

7. Tabular los cálculos encontrados en el manejo de inventarios y realizar las recomendaciones necesarias para el caso.

INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado, donde la competencia se ha incrementado poco a poco, resulta importante tomar en cuenta todos los detalles y factores que componen una organización para poder producir productos de excelente calidad. Uno de estos factores determinantes para poder llegar alcanzar la calidad total es el mantenimiento mecánico dentro de la planta de producción. El objetivo primordial de un buen mantenimiento mecánico es el tener las máquinas disponibles la mayor parte del tiempo y disminuir los tiempos de paros no programados o de avería. Logrando esto, se puede llegar a incrementar la eficiencia de las máquinas y la disponibilidad de las mismas.

Para llegar a tener un buen departamento de mantenimiento mecánico, se debe de enfocar en la administración de actividades tanto de mantenimiento como de manejo de inventarios de materiales y repuestos. En este trabajo de graduación, se enfocará la administración al área de mantenimiento mecánico preventivo, como herramienta para el mejoramiento de actividades. Además, se implementará un sistema de manejo de control de inventarios en el cual se clasificarán físicamente los repuestos, materiales y herramienta y se calcularán variables importantes para el control de éstos. Este tema será de gran ayuda para el taller, debido a que se eliminará un factor importante para la eficiencia de un paro programado.

1. MARCO TEÓRICO

Como introducción al trabajo de graduación, resulta necesario conocer aspectos generales de la empresa donde se llevó a cabo, además es importante saber la teoría para comprender la parte práctica. En este caso, se dan a conocer definiciones básicas de la teoría de mantenimiento y los modelos de inventarios existentes.

1.1 Generalidades de la empresa

Aceros de Guatemala, es parte de una corporación que se dedica a la fabricación y transformación del acero en el ámbito nacional y extranjero (El Salvador y Honduras) y recientemente se está incursionando en el mercado mexicano. Fue fundada a inicios de la década de los sesentas y fue la primera empresa de lo que hoy es la corporación de Aceros de Guatemala S.A.

Se encuentra ubicada en la 33 calle 25-05 de la zona 12, y cuenta con más de 500 empleados distribuidos en cuatro plantas de producción: planta de clavo y alambres, planta de barras, planta de lámina y la planta de perfiles. En la planta de alambres, se produce el alambre de amarre, el alambre espigado, el clavo y el hierro liso. En la planta de barras se produce la varilla corrugada para la construcción. En la planta de perfiles, se producen los perfiles más comunes, y por último, en la planta de lámina, se produce la lámina galvanizada en sus diferentes medidas. Además de estas cuatro plantas, cuenta con un departamento de servicios generales, un departamento de mantenimiento, la parte administrativa de la empresa, la gerencia de materiales y el departamento de distribución.

Para la producción de la varilla corrugada y los perfiles, se utiliza un trabajo en caliente denominado laminación, el cual consiste en calentar el lingote en un horno hasta una temperatura de aproximadamente de 1,100 °C, para luego reducir el área transversal de este mediante rodillos laminadores colocados en un tren de laminación. Dependiendo de la medida final, ya sea perfil o varilla corrugada, así será el tamaño de los rodillos laminadores. Luego de que ya fue reducido, su área transversal, es cortado en la cizalla de corte con medidas de 6 y 9 metros de largo.

Para la producción de la lámina galvanizada, se utiliza materia prima importada, estos son rollos de lámina de aproximadamente 5 toneladas procedentes de diferentes lugares. El país proveedor más común para esta lamina es Venezuela. La lámina pasa por un proceso por el cual es adherida una capa superficial de zinc que ayuda a retardar la corrosión de la lámina. Ésta es cortada y vendida en diferentes medidas.

En la planta de clavo y alambres se utiliza un trabajo en frío denominado trefilación el cual será explicado en el siguiente inciso.

1.2 Descripción de la planta de clavo y alambres y su maquinaria

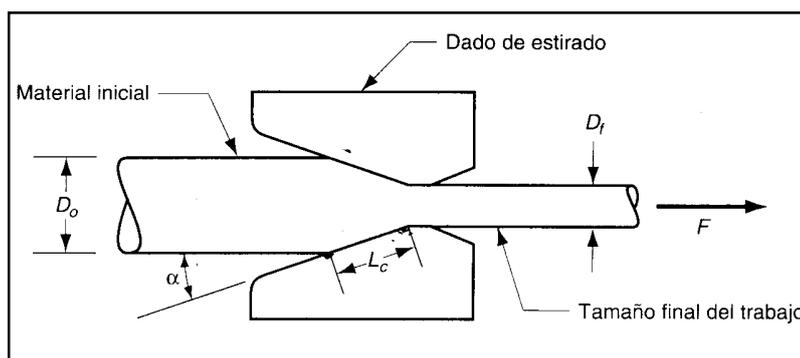
La planta de clavo y alambres es una de las cuatro plantas con que cuenta la empresa. Es la que más empleados utiliza debido a que está constituida por bastante maquinaria las cuales son operadas por las personas encargadas de cada sección. A esta planta la componen siete secciones las cuales cuentan con maquinaria distinta. Éstas se describirán a continuación.

1.2.1 Sección de trefilación

1.2.1.1 Descripción de la sección

El proceso llamado trefilación está considerado como un trabajo en frío ya que no sobrepasa los 80 C. Este proceso consiste en reducir el área transversal del material de trabajo. En este caso es el alambión (alambre de 5.5mm de diámetro), halándolo a través de la abertura de un dado trefilar hecho de carburo de tungsteno. Esta característica es lo que lo diferencia del proceso de extrusión, ya que en ésta, el material es empujado a través de un dado. Obviamente, existen esfuerzos a tensión ya que el material es halado, pero los esfuerzos a compresión juegan un papel importante ya que el metal se comprime al pasar a través de la abertura del dado. En la figura 1 se puede apreciar gráficamente en que consiste el proceso de trefilación.

Figura 1. Estirado de alambre (trefilación)



La materia prima en la sección, es el alambión, el cual es un acero de bajo carbono laminado en caliente, y su característica principal es que es empacado en rollos, amarrados con cinchos, de aproximadamente 2 toneladas de peso.

Por ser un acero de bajo carbono, se considera un material dúctil o suave, manejable, con una resistencia a la tracción que oscila entre 350 y 450 Mpa.

La deformación en frío cambia las propiedades mecánicas del material, haciéndolo menos dúctil y por lo tanto más duro o quebradizo. Esto se debe a que durante el proceso de deformación volumétrica se crean esfuerzos residuales dentro del material de trabajo y por lo cual resulta necesario un tratamiento térmico para aliviar las tensiones creadas, si fuera la aplicación. Al final del proceso, la resistencia del alambre se ve incrementada. Se ha demostrado en investigaciones previas que la cantidad de incremento de la resistencia a la tracción está en función del porcentaje de reducción de área entre cada paso. El porcentaje de reducción de área se calcula mediante la formula siguiente:

$$\% r = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

Donde r = reducción de área en el estirado; A_o = área original del trabajo, pulg² (mm²); y A_f = área final, pulg² (mm²).

En el estirado de alambres, en ocasiones se utiliza el termino Draft, para denotar la diferencia de tamaños antes y después de procesar el trabajo. El draft es simplemente la diferencia original y final del material:

$$d = D_o - D_f$$

donde d = draft, pulg (mm); D_o = diámetro original del trabajo, pulg (mm); D_f = diámetro final del trabajo, pulg (mm).

Para poder determinar el diámetro del alambre final, se utiliza una calibración denominada BWG por sus siglas en ingles (Birmigan Wire Gauge). Las especificaciones para esta calibración están en la tabla I.

Esto significa, por ejemplo para un calibre 16 se tiene un diámetro nominal de 1.65 mm con una tolerancia de +/- 0.05 mm. En la planta de alambres de Aceros de Guatemala, solo se trabaja del calibre 9 al 20 debido a los requerimientos de las demás secciones.

Tabla I. Calibración de alambre BWG(mm)

CALIBRE	NOMINAL(mm)	MINIMO(mm)	MAXIMO(mm)
20	0.889	0.900	1.000
18	1.245	1.240	1.320
17	1.473	1.470	1.540
16	1.651	1.600	1.700
15	1.829	1.750	1.850
14	2.108	2.000	2.100
13	2.413	2.350	2.450
12.5	2.591	2.500	2.600
12	2.769	2.700	2.800
11	3.048	3.000	3.100
10	3.404	3.380	3.480
9	3.759	3.800	3.900
8	4.191	4.150	4.250
7	4.572	4.500	4.600
6	5.156	5.150	5.250
5	5.588	5.500	5.600
4	6.045	6.000	6.100
3	6.579	6.500	6.600
2	7.121	7.100	7.200

Además, cabe mencionar que para alcanzar un calibre 16 (1.65mm) desde un rollo de alambón el cual tiene 5.5 mm de diámetro es necesario tener

una serie de dados o pasos de trefilar para poder alcanzar este diámetro. La cantidad de pasos de trefilar varia de planta en planta, pero por lo regular van de 6 a 8 pasos dependiendo de la maquina de trefilación.

1.2.1.2 Descripción de la maquinaria

Las máquinas trefiladoras de más de un paso de trefilación son consideradas maquinas trefiladoras múltiples, esto debido a que poseen varios pasos de trefilación.

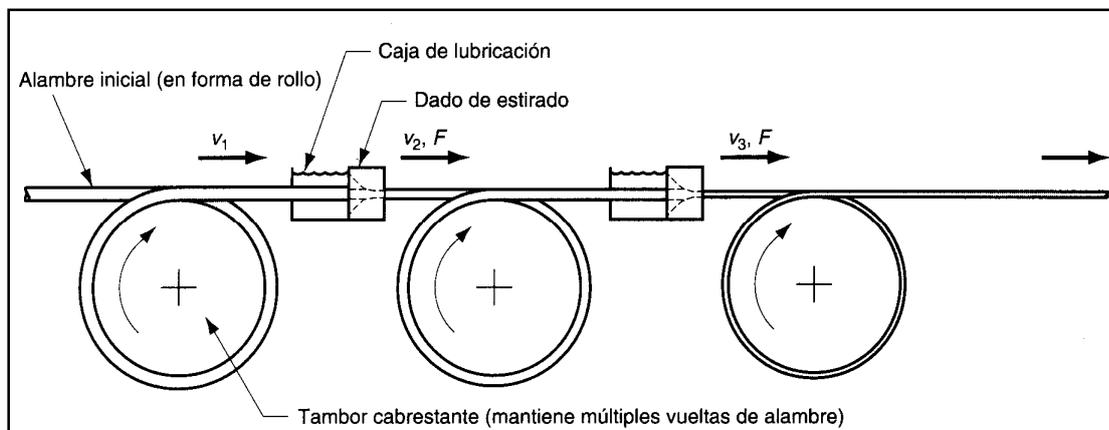
Como se mencionó anteriormente, se necesitan varios pasos de trefilación para poder llegar a un determinado diámetro, esto se lleva a cabo por medio de bobinas de enrollamiento de alambre hechas de hierro nodular las cuales van montadas verticalmente (6 a 8 bobinas) en una base de hierro fundido. La potencia transmitida hacia las bobinas, viene de un motor principal colocado enfrente de la máquina, la cual posee una caja reductora de dos o tres velocidades. La caja reductora esta acoplada a un eje común para toda la maquina. Este eje transmite la potencia a cada bobina trefiladora mediante un juego de engranajes cónicos helicoidales (piñón y corona), los cuales son lubricados por un baño de aceite. Estos engranajes están hechos de acero especial para cementar.

Cada bobina trefiladora tiene movimiento independiente del resto, gracias a la presencia de un embrague de láminas sinusoidales de mando mecánico marca Ortlinghaus y puede ser detenida por un freno de zapata colocado en la parte inferior del eje de la bobina.

Las bobinas trefiladoras aplican la tensión necesaria al alambre y lo enrollan después que éste ha pasado por el dado de trefilación el cual reduce

su área transversal. Los dados son precedidos por una caja que contiene polvo la cual funciona como lubricante en el proceso. Además, utiliza dos poleas de fundición gris que sirven de guía y para tensar el alambre. En la figura 2 se puede apreciar este proceso múltiple de trefilación

Figura 2. Estirado continuo de alambre



Las bobinas trefiladoras aplican la tensión necesaria al alambre y lo enrollan después que este ha pasado por el dado de trefilación el cual reduce su área transversal. Los dados, son precedidos por una caja que contiene polvo la cual funciona como lubricante en el proceso. Además, utiliza dos poleas de fundición gris que sirven de guía y para tensar el alambre. En la figura 2 se puede apreciar este proceso múltiple de trefilación.

1.2.2 Sección de galvanización

La galvanización, consiste básicamente en recubrir superficialmente con una capa de zinc un material metálico, en este caso el alambre. Esto para retardar el proceso de corrosión del material. Normalmente se realiza a materiales que están expuestos a la intemperie.

El galvanizado de alambre inicia en el área de devanadores o rollos de alambre por galvanizar. Luego el alambre es pasado por un horno de recocido el cual está a una temperatura de 800 a 1100 grados centígrados.

El alambre es enfriado bruscamente en un tanque de agua. Esta operación de recocido es para eliminar los esfuerzos residuales acumulados en el proceso de trefilación de alambres que vuelven al alambre duro y quebradizo. Al elevar la temperatura del alambre y enfriarlo bruscamente, se crea una capa de escoria de oxido alrededor de él, por lo que es necesario inmergirlo en una baño de ácido clorhídrico para poder botar esta capa de óxido. Luego que el alambre ingresa al baño de ácido, pasa a un tanque de agua potable para limpiar el exceso de ácido en el material. Después de esto pasa a un tanque con cloruro de amonio para preparar el alambre antes de ingresar al baño de zinc fundido. La capa de zinc es aplicada al alambre en un horno de diesel el cual contiene el zinc fundido.

Para enrollar el alambre galvanizado se utilizan unas maquinas que dan la tracción necesarias parra todo el proceso y que cuentan con un motor único, una reductora de velocidad, y varias bobinas acopladas a un mismo eje.

1.2.3 Sección de espigado

1.2.3.1 Descripción de la sección

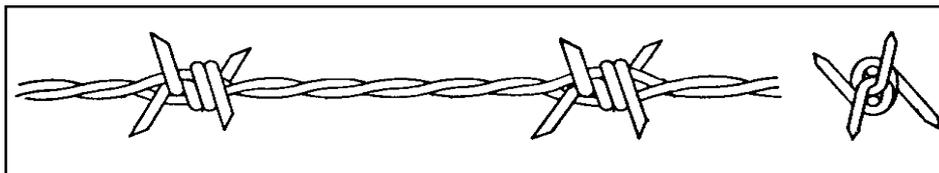
La materia prima que se utiliza en esta sección para fabricar alambre espigado es el alambre galvanizado. El alambre espigado consta de cuatro hilos de alambre de los cuales dos se encuentran en el centro del rollo y los otros dos en la púa del rollo. Los tipos de espigado que se producen en la sección son el

AG400, Económico, Cerca, Toro y Ganadero. La diferencia entre ellos es el tipo de espigado, el calibre del alambre, la distancia entre púas y el largo total del rollo.

Para la fabricación del alambre espigado, se utilizan dos tipos de maquinas las cuales son:

- Máquina tipo Iowa
- 5 Máquina tipo Moto

Figura 3. Alambre espigado tipo Iowa



En la figura 3 se puede apreciar una muestra de un espigado tipo Iowa, donde la maquina de primero entorchan la púa luego la corta y por último entorcha el alambre de centro. Por el otro lado, las máquinas tipo Moto, primero entorcha el alambre de centro luego entorcha la púa y por último la corta.

Además de clasificar de este modo a la maquinaria, también se clasifica de igual manera al tipo de espigado producido en la sección. Por ejemplo el espigado Toro, Ganadero y AG-400 son producidos en las máquinas tipo Iowa y se denominan con el mismo nombre. Mientras que el Económico y el Cerca son producidos en las maquinas tipo Moto.

1.2.3.2 Descripción de la maquinaria

Los dos tipos de maquinas son diferentes en cuanto al funcionamiento de la misma. Por un lado las maquinas de tipo lowa utilizan un volante de 1.5 mts de largo por 80 cm de diámetro para formar el entorchado del alambre de centro. El mecanismo de formado de púa es independiente al entorchado de centro.

Los dos mecanismos son impulsados por un motor de corriente alterna el cual se encuentra por debajo de la máquina. La potencia es transmitida a un eje principal por medio de fajas. Este eje es el encargado de transmitir la potencia y las revoluciones a los dos mecanismo de la máquina, al de centro y al de púa. El mecanismo de púa cuenta con varias piezas importantes, como por ejemplo dos cigüeñales que le dan movimiento al entorchador y el otro le da movimiento a la cuchilla de corte. Además cuenta con un mecanismo *catch*, el cual permite movimiento en una sola dirección para que por medio de dos rodillos alimenten la máquina con alambre. Cuenta con varios juegos de engranajes tanto cónicos como rectos, esto para transmitir potencia de un eje hacia otro que se encuentra ya sea paralelo o perpendicular.

Por otro lado, las máquinas tipo Moto, sus mecanismos principales son las levas. Se utiliza un mecanismo de leva tipo cuña para la alimentación de la púa, una leva de seguidor para el corte. Al igual que las maquinas anteriores, estas poseen un motor eléctrico principal el cual le da el movimiento a todos los mecanismos de la máquina. Además posee algunos engranajes rectos para transmitir potencia entre dos ejes paralelos, los engranajes cónicos no existen en estas máquinas.

1.2.4 Sección Amarre

1.2.4.1 Descripción de la sección

Durante el proceso de trefilación de alambre, el material de trabajo sufre un deterioro en sus propiedades mecánicas. El alambre se vuelve duro y quebradizo debido a los esfuerzos residuales acumulados durante el proceso, para eliminar estos esfuerzos, se hace necesario someter al alambre a un tratamiento térmico denominado recocido.

El recocido, consiste elevar la temperatura del material de trabajo hasta una temperatura de aproximadamente 800 °C durante un lapso de tres horas y luego enfriar el material a temperatura ambiente.

Con este proceso se garantiza devolverle sus propiedades originales al alambre, las cuales son la ductilidad y por ende su manejabilidad. La materia prima de la sección es un alambre calibre 16 y los cuales son amarrados en rollos de 100 libras.

1.2.4.2 Descripción de la maquinaria

El proceso de recocido del alambre se lleva a cabo en un horno eléctrico. Este horno consta de tres juegos de resistencias eléctricas, de baja temperatura (700 °C, de mediana temperatura (750 °C,) y de alta temperatura (800 °C). El horno se encuentra instalado sobre tres soportes a una altura de aproximadamente 2 metros.

Los rollos de alambre de 100 libras son colocados en un carro movable, el cual es tapado con una campana de acero inoxidable, esto para hermetizar el proceso. Este carro es transportado hacia el horno, luego es elevado por medio de un cilindro el cual tiene movimiento gracias a un sistema hidráulico.

Se cuenta también con una plataforma hidráulica, esto para cargar los rollos de alambre al carro transportador.

1.2.5 Sección de clavo

1.2.5.1 Descripción de la sección

La sección de clavo esta dividida en dos: clavo de madera y clavo de lamina.

Para el clavo de madera, se utiliza como materia prima solamente el alambre trefilado en diferentes calibres. Mientras que para el clavo de lamina se utiliza el alambre trefilado calibre 9 y una arandela de 18 mm de diámetro exterior, 5 mm de diámetro interior y 1 mm de espesor la cual va insertada a presión en el clavo ya cortado.

1.2.5.2 Descripción de la maquinaria

Al igual que la demás maquinaria de la planta, tanto las máquinas de clavo de madera como las de lámina, cuentan con un motor eléctrico de corriente alterna para poder mover los mecanismos. La potencia del motor es transmitida hacia un eje principal mediante fajas y una relación de poleas. Este eje principal consta de tres partes importantes, dos juegos de engranajes cónicos, los cuales transmiten la potencia hacia otros dos ejes perpendiculares para el corte del clavo y un cigüeñal el cual tiene acoplada una chumacera de bronce para el mazo.

Estos dos ejes perpendiculares al eje principal, tienen acoplado una excéntrica la cual porta un corredera que a la vez porta una cuchilla de corte. Las cuchillas de corte son fabricadas de acero especial K templado, este acero es un material duro y su aplicación principal son los materiales de corte.

La cabeza del clavo la realiza el mazo, la pieza del cigüeñal del eje principal. La cabeza es formada al final de la carrera del mazo luego de que el

clavo anterior fue cortado. El alambre es sostenido por medio de una matriz hecha de material especial K templado.

En las máquinas de clavo de lamina existe un mecanismo adicional para el insertado de la roldana al clavo cortado, por lo demás, sus mecanismos son bastantes similares a las del clavo de madera.

1.2.6 Sección de corte y enderezado de alambción

1.2.6.1 Descripción de la sección

En la construcción se utiliza un hierro que le denominan comúnmente como estribos, en esta sección se fabrica este tipo de hierro. Su nombre es varilla lisa y la materia prima que se utiliza en la sección es el alambción de 5.5 mm y de 6.0 mm. El proceso consiste básicamente en enderezar el alambción y luego cortarlo de 6 o 9 metros según el tipo de varilla. Con el alambción de 5.5 mm, se fabrica la varilla de $7/32+X$ 6 mts mientras que con el alambción de 6.0 mm se fabrica la varilla de $1/4$ x 6 mts.

1.2.6.2 Descripción de la maquinaria

Para el corte y enderezado de alambción, se utilizan máquinas independientes denominadas internamente como zetas. Existe un motor eléctrico, el cual es el encargado de proporcionar el movimiento y potencia a los mecanismos de la máquina. Para enderezar el alambción, existe un volante con dados desfasados respecto a su línea horizontal el cual gira a una velocidad de 3000 RPM. La potencia es transmitida por el motor eléctrico, mediante un juego de poleas con fajas.

Para el mecanismo de tracción del alambión, se utiliza un juego de rodillos, uno arriba y uno abajo, y son los que se encargan de transportar la varilla hasta ser cortada. El movimiento de estos rodillos es transmitido del motor eléctrico también. Existe un eje principal el cual está unido a estos rodillos por medio de engranajes cónicos y rectos. Además hay otro mecanismo encargado de cortar la varilla, este mecanismo varia de máquina en máquina dependiendo del lugar de fabricación.

En la planta se cuentan con cuatro máquinas, dos tienen mecanismos iguales, y las otras dos son diferentes. Las cuatro máquinas utilizan un mecanismo de embrague instantáneo para el corte de la varilla. En tres de ellas se utiliza una chaveta, o cuña con perfil especial, para el embrague del eje encargado del corte de la varilla. En la otra se utiliza un *clutch* neumático para el corte de la varilla. Al final de la cama de la varilla, hay un *switch* que manda una señal eléctrica a una electro-válvula cuando la varilla llega al tope, esta electro-válvula, al recibir la señal, deja pasar aire comprimido a un pistón neumático el cual es el encargado de accionar el embrague para que de vuelta el eje de corte.

1.3 Teoría de mantenimiento mecánico

En los siguientes incisos se dará a conocer la evolución que ha sufrido al mantenimiento industrial en el pasado siglo hasta la fecha actual.

a. Primera generación

La función del mantenimiento ha sido históricamente vista como un costo necesario e inevitable en la producción de bienes. Desde sus inicios los hombres han sentido la necesidad de darle mantenimiento a sus equipos. La mayor parte de las fallas experimentadas han sido resultado de abuso de los

mismos. Anteriormente, se daba mantenimiento a un equipo hasta que ya no era posible utilizarlo. Esta situación se prolongó hasta antes de la segunda Guerra Mundial ya que la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que los tiempos muertos no eran de mayor importancia. Esto hacía que la prevención de las fallas en los equipos no se encontrara en las mentes de los administradores. Asimismo, la mayor parte de la maquinaria era simple y estaba sobre diseñada, lo cual la hacía confiable y fácil de reparar.

b. Segunda generación

La situación cambió dramáticamente a partir de la Segunda Guerra Mundial. Las presiones de la guerra incrementaron la demanda de bienes de toda clase mientras que la fuerza humana era escasa, lo cual condujo a la mecanización. Esto generó máquinas más numerosas y de mayor complejidad por lo que las industrias comenzaron a depender de ellas. En la década de 1950 algunos grupos de ingenieros japoneses introdujeron un nuevo concepto en mantenimiento que consideraba las recomendaciones de los fabricantes de equipos acerca del cuidado que se debería tener en la operación y mantenimiento de las máquinas y herramientas. Como resultado, los ingenieros de planta optaron por desarrollar programas de lubricación y de observaciones clave para prevenir daños en sus equipos. A pesar de que esto ayudó a reducir los tiempos muertos, era una alternativa costosa debido a que muchas partes eran reemplazadas en base al tiempo, cuando podrían haber durado un poco más.

c. Tercera generación

En 1970, y a raíz del nuevo pensamiento de mantenimiento productivo (PM), el japonés Seichi Nakajima desarrolló el sistema TPM (Mantenimiento

Productivo Total), el cual hace énfasis en la importancia que tiene involucrar al personal de producción y al de mantenimiento en labores de mantenimiento productivo (PM); pues esto ha dado buenos resultados, sobre todo, en industrias de punta. La tabla II muestra, en forma sintetizada, la evolución del mantenimiento desde sus inicios, hasta nuestro días.

Además, se consideró que en 1880 el trabajo humano intervenía en la elaboración de un producto a servicio en un 90% y el 10% restante era trabajo de la máquina. En la actualidad, se tiene la tendencia a invertir esta relación, ya que en algunos casos las máquinas intervienen en más o menos 90% y el resto lo realiza la mano de obra. Esto obliga a la empresa moderna a basar sus utilidades en la eficiencia de la conservación de sus recursos, por lo que es muy común ver que, entre empresas que elaboran productos similares con máquinas y procedimientos similares, la que obtiene mejores resultados en calidad y precio es aquella que ha logrado establecer un eficaz sistema de conservación.

En la tabla II, se puede apreciar la evolución del mantenimiento industrial en el tiempo. En esta tabla se clarifica la importancia que ha tomado el enfoque del mantenimiento dirigido a la calidad del producto. Se ha dejado atrás el enfoque a la máquina, sino al servicio que presta la máquina.

Tabla II. Evolución del mantenimiento industrial

TECNICAS ORIENTADAS AL:			
1. Cuidado físico de la máquina		2. Cuidado del servicio que proporciona de la máquina	
1888-1914	1914 É 1950	1950 É 1970	1970 - ????
CORRECTIVO (MC)	PREVENTIVO (MP)	PRODUCTIVO (PM)	PRODUCTIVO TOTAL (TPM)
Enfoque máquina Solo se intervenía En caso de paro o falla importante.	Enfoque máquina Con establecimiento de algunas labores preventivas.	Enfoque al servicio que prestan las máquinas. Importancia de la fiabilidad para la entrega del servicio al cliente. Se busca la eficiencia económica en el diseño de la planta.	Enfoque al servicio Que prestan las máquinas . Lograr eficiencia PM a Través de un sistema Comprensivo y participativo total de los empleados de producción y mantenimiento.

Fuente: Enrique D. Villanueva, **La productividad en el mantenimiento industrial**, pág. 4.

1.3.1 Tipos de mantenimiento

1.3.1.1 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y tenemos que actuar de forma emergente y, en el mejor de los casos, bajo un plan contingente.

Las labores que en este caso deben realizarse, tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicio, es decir, que esta se coloque dentro de los límites esperados por medio de arreglos provisionales, así, el personal de conservación debe efectuar solamente trabajos indispensables, evitando arreglar otros elementos de la maquina o hacer otro trabajo adicional, que quite tiempo para volverla a poner en funcionamiento con una adecuada fiabilidad que permiten la atención complementaria cuando el mencionado servicio ya no se requiera o la importancia de este sea menor y, por lo tanto, al ejecutar estos trabajos se reduzcan las pérdidas.

1.3.1.2 Mantenimiento periódico

Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo indica es aquel que se realiza después de un periodo de tiempo, generalmente largo (entre seis y doce meses). Este mantenimiento se practica por lo regular en plantas de procesos tales como las petroquímicas, azucareros, papeleras, cementeras, etc., y consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores. Para implantar este tipo de mantenimiento, se requiere una excelente planeación o interpelación de área de mantenimiento con las demás áreas de la empresa para llevar a cabo las acciones en el menor tiempo posible.

Generalmente la decisión de implementar este tipo de mantenimiento no queda en manos de el encargado de mantenimiento debido a la complejidad y a los costos tan altos que se manejan,

1.3.1.3 Mantenimiento programado

El mantenimiento programado se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, así se este trabajando bajo condiciones diferentes.

En este tipo de mantenimiento, se lleva acabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica y a través de el se determina con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez hecho esto, se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo.

Aunque este sistema es superior al mantenimiento correctivo, presenta algunas fallas. La principal es el hecho de que con el fin de prestar el servicio

que ordena el programa a una determinada parte del equipo, sea necesario retirar o desarmar partes que están trabajando en forma perfecta.

1.3.1.4 Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de la maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallas en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía.

La mayoría de las inspecciones se realizan con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción. Estos equipos son:

- ◆ **Desgaste:** se realizan con espectrómetro de absorción atómica, aplicando sobre los aceites de lubricación que si muestran un contenido de metal superior al normal, nos indica donde esta ocurriendo el desgaste excesivo.
- ◆ **De espesor:** con ultrasonido.
- ◆ **De fracturas:** con rayos X, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas, ultrasonido.
- ◆ **De ruido:** con medidores de nivel de ruido o decibelímetro.
- ◆ **De vibraciones:** con medidores de amplitud, velocidad y aceleración.
- ◆ **De temperatura:** con rayos infrarrojos o sea termografía.

1.3.1.5 Mantenimiento preventivo

Para evitar que se confunda este mantenimiento con una combinación del periódico y el programado, se debe hacer énfasis en que la esencia de este

son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio.

Este sistema se basa en el hecho que las partes de un equipo se gastan de forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento. El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos.

El éxito de un programa preventivo estriba en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control.

Dependiendo del tipo de empresa, el desarrollo alcanzado por ella, así como de las políticas establecidas, se pueden conjugar para efectos de un mejor mantenimiento, varias de las alternativas antes mencionadas, realizándose de esta manera un mantenimiento mixto.

1.3.2 Enfoques modernos de mantenimiento

La conservación es toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano y propicia con ello, el desarrollo integral del hombre y de la sociedad.

La conservación industrial se divide en dos grandes ramas: una de ellas es la **preservación**, la cual atiende las necesidades de los recursos físicos y la otra es el **mantenimiento**, que se encarga de cuidar el servicio que proporcionan estos recursos.

Es importante notar la diferencia que existe entre estas dos ramas de la conservación, ya que ambas se aplican a cualquier clase de los recursos existentes en la naturaleza. Así, una máquina puede estar sujeta a trabajos de limpieza y lubricación, reparación o pintura, los cuales pueden ser catalogados como labores de preservación si sirven para evitar que la maquina sea atacada por agentes nocivos, sin embargo serán calificados como de mantenimiento si son hechos para que esta proporcione o continúe proporcionando un servicio de calidad estipulada.

En otras palabras, mientras la preservación se enfoca al cuidado del recurso, el mantenimiento se enfoca al cuidado del servicio que proporciona dicho recurso.

1.3.2.1 Preservación

El funcionamiento normal de cualquier sistema, máquina o equipo, tiende a deteriorar más su estado físico. Para que éstos lleguen a cumplir su tiempo de vida útil, es necesario pensar cuidadosamente como deben protegerse.

Preservación, es la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes. Existen dos tipos de preservación: la preventiva y la correctiva, la diferencia estriba en si el trabajo se hace antes o después de que haya ocurrido el daño en el recurso. En otras palabras, la preservación preventiva son los trabajos desarrollados en un recurso, a fin de evitar su degeneración, o que sea atacado por agentes nocivos; preservación correctiva son los trabajos de rehabilitación que han de desarrollar un recurso cuando este se ha degenerado o ha sido atacado por agentes nocivos.

En la actualidad, la mayoría de las empresas tienen máquinas o recursos que exigen muchas labores manuales de preservación, aunque con la introducción de la electrónica y la informática, la automatización algunas organizaciones han llegado a tal grado que dichas labores manuales se han minimizado; así podemos decir que el personal de mantenimiento está evolucionando de un artesano puro, a un técnico artesano y, ahora, en un técnico especializado en el uso de software, para el análisis de la mantenibilidad y fiabilidad que guardan los recursos a conservar.

1.3.2.2 Mantenimiento

El mantenimiento, es la segunda rama de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad estipulada. Es importante notar que, basados en el servicio y su calidad deseada, debemos escoger los equipos que nos aseguren obtener este servicio; el equipo queda en segundo término, pues si no nos proporciona lo que pretendemos, debemos cambiarlo por el adecuado. Por ello hay que recordar que el equipo es un medio y el servicio es el fin que deseamos conseguir.

Mantenimiento, es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos máquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con ese fin. El trabajo típico del mantenimiento es la búsqueda y reforzamiento de los eslabones más débiles de la cadena de servicio que forma la fábrica.

Según enfoques modernos de conservación industrial, esta se divide en dos ramas muy importantes como lo son la preservación y el mantenimiento llegando a un teorema muy aplicable dentro de la gran mayoría de la empresas, tanto de Guatemala como de todo Latinoamérica. Este teorema se puede resumir en el siguiente concepto:

%El servicio se mantiene y la máquina se preserva %

1.4 Teoría de modelos de inventarios

La administración y control de inventarios es uno de los aspectos mas importantes de la administración de operaciones. El inventario es el monto y tipo de materias primas, partes, suministros y bienes terminados aun no embarcados de que dispone una organización en un momento dado. El control de inventarios se refiere primordialmente al establecimiento y mantenimiento de niveles mínimo, óptimo y máxima de inventario, y parte se logra mediante la obtención de retroalimentación sobre cambios en los niveles de inventario que indiquen la necesidad de emprender acciones para evitar exceder o no satisfacer los niveles predeterminados. El monto de inventario puede ejercer enorme efecto en los requerimientos de calidad de una empresa y en la productividad de su capital.

Existen cinco metas importantes de mantenimiento de inventarios las cuales son: 1) Conseguir cierta independencia en las operaciones de transformación, 2) permitir flexibilidad en el programa de producción, 3) prevenir problemas causados por variaciones en la entrega de materiales, 4) enfrentar variaciones en la demanda de producto, 5) aprovechar las cantidades económicas de pedido.

1.4.1 El modelo de inventarios de cantidad de pedidos económicos (EOQ)

El modelo de cantidad de pedidos económicos, es un modelo matemático usado como la base de la administración de inventarios en el que la demanda y el tiempo líder son determinísticos, no se permiten los déficits y el inventario se reemplaza por lotes al mismo tiempo.

Las características principales de este modelo son:

1. El inventario pertenece a uno y solo un artículo.
2. El inventario abastece por lotes en vez de reemplazarse continuamente.
3. La demanda es determinística y ocurre a una tasa constante conocida de D unidades por periodo.
4. El tiempo guía (L) es determinístico y se conoce.
5. Los déficits no son permitidos. Es decir, siempre debe haber suficiente inventario a la mano para satisfacer la demanda.
6. Los pedidos ocurren en una cantidad fija (Q) cuando el inventario llega a un cierto punto de nuevos pedidos R . La implantación de esta política de reordenamiento requiere, por tanto, la comprobación regular del inventario para determinar cuando se alcanza el nivel R . Los valores apropiados tanto de Q como de R se escogen para obtener un costo total mínimo global .

1.4.2 El modelo de cantidad de pedidos económicos cuantitativos

Se puede determinar la cantidad de pedidos económicos y el punto de nuevos pedidos para un modelo EOQ en que el costo de compra unitario no

dependa de la cantidad pedida. En muchas ocasiones practicas, sin embargo, los proveedores ofrecen descuentos significativos por colocar pedidos grandes.

1.4.3 El modelo de cantidad de pedidos de producción

En uno de los puntos anteriores, se dio a conocer el análisis matemático para un sistema de inventarios en el que un pedido se surte todo en un punto fijo en el tiempo. Sin embargo, en muchos ambientes de producción, el inventario se reabastece continuamente en el tiempo, según proceda la producción. Para tales problemas de inventario, se necesita determinar lo siguiente:

- Cuándo emitir un pedido de producción
- Cuántas unidades del artículo producir

El modelo de cantidad de pedidos de producción (POQ), es un modelo matemático usado como base de la administración de inventarios en la demanda y el tiempo guía son determinísticos, no se permiten déficits, y el inventario se reemplaza continuamente con el tiempo a través de un proceso de producción.

Las características principales de este modelo son las siguientes:

2. El inventario pertenece a uno y solo un artículo.
3. La demanda es determinística y ocurre a una tasa constante conocida de D unidades por período.
4. El tiempo guía (L) es determinístico y se conoce.
5. El pedido se produce a una tasa de producción conocida de P unidades por período.

- 6.El costo de producir cada unidad es fijo y no depende del numero de unidades de la corrida de producción.
- 7.Los déficits no son permitidos. Es decir, siempre debe haber suficiente inventario a la mano para satisfacer la demanda.
- 8.Cuando el inventario alcanza un nivel R , se emite un pedido de producción de Q unidades. Los valores apropiados tanto para Q como para R se eligen para obtener un costo total global mínimo.

1.4.4El modelo de revisión continua, demanda probabilística

En muchas aplicaciones, la demanda solo se conoce con una gran cantidad de incertidumbre. Las técnicas probabilísticas se requieren para analizar y determinar la política de inventarios optima par tales problemas.

Un análisis apropiado depende entonces de cual de las siguientes dos políticas de pedidos desea usar:

- 1.Un **modelo de revisión continuo**, en que los niveles de inventario son comprobados continuamente y cuando se alcanza el punto de nuevos pedidos, se ordenan Q unidades.
- 2.Un **modelo de revisión periódica**, en que el inventario se revisa periódicamente, digamos, cada T periodos, y el tamaño del pedido se determina mediante el nivel de inventario en ese momento.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

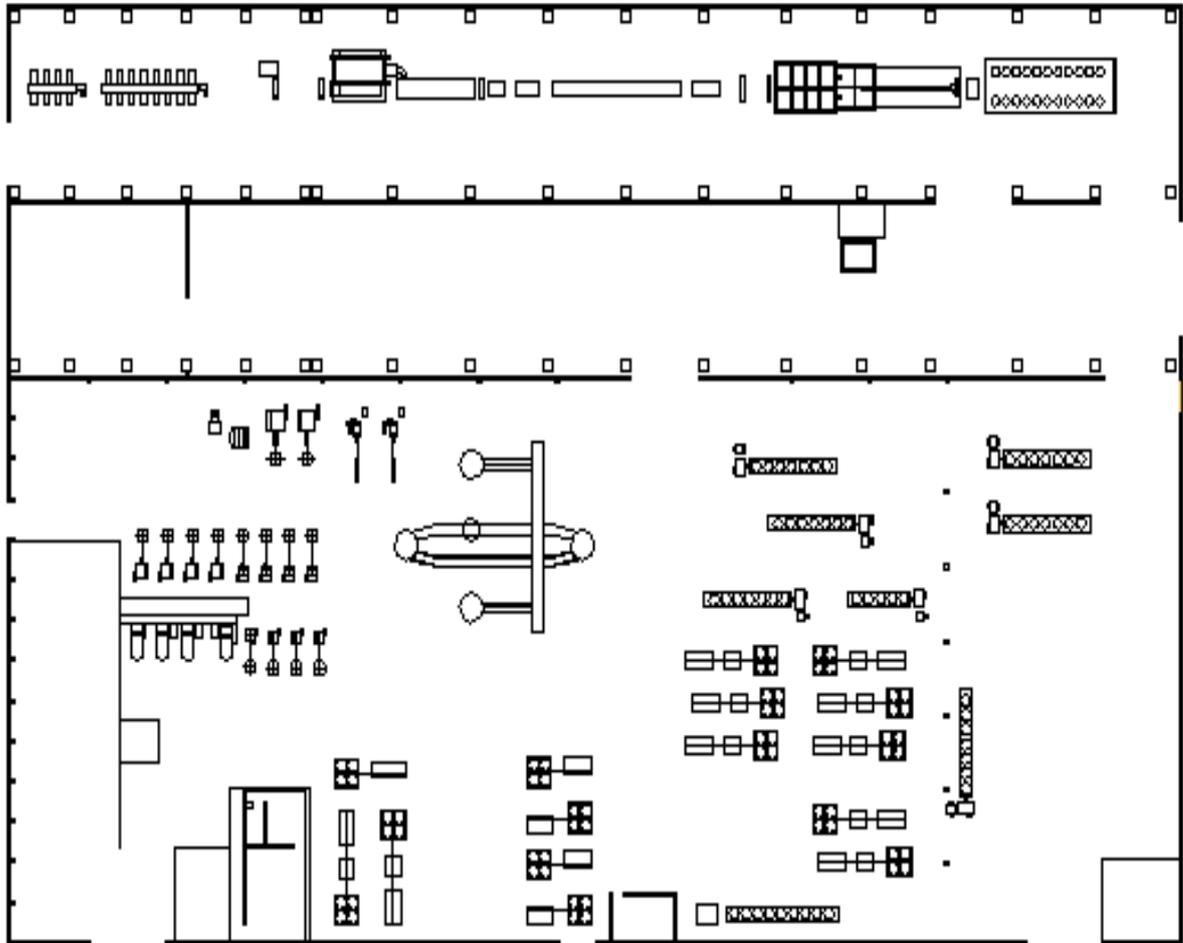
Dentro de cualquier proceso productivo, es conveniente conocer las actividades que se realizan actualmente para poder proponer un cambio o mejora. Este es el objetivo primordial de este capítulo, conocer a fondo la estructura del departamento de mantenimiento, las actividades que se realizan, como las realizan, quienes las realiza, cada cuanto las realizan. También es necesario conocer las actividades que se realizan en la bodega de repuestos y materiales la cual esta a cargo de la jefatura de mantenimiento. En resumen, es realizar un diagnostico general del departamento de mantenimiento de alambres.

2.1 Diagrama de la distribución de maquinaria

La planta de alambres, es la planta de mayor número de maquinaria individual de las cuatro plantas que componen la empresa. El número de éstas ha ido en aumento desde sus inicios. La última máquina adquirida es la trefiladora No. 10, la cual cuenta con sistema electrónico para el funcionamiento y manipulación de la misma. Como el número de máquinas se ha incrementado, se ha tratado de encontrar la mejor ubicación dentro del espacio físico disponible.

La maquinaria en la planta de alambres esta distribuida por secciones, en el diagrama de distribución de maquinaria se puede apreciar gráficamente en la siguiente pagina.

Figura 4. Distribución de maquinaria



2.2 Lista de maquinaria

Para complementar el diagrama de distribución de maquinaria, se hace necesario un listado el cual se puede apreciar en la tabla III.

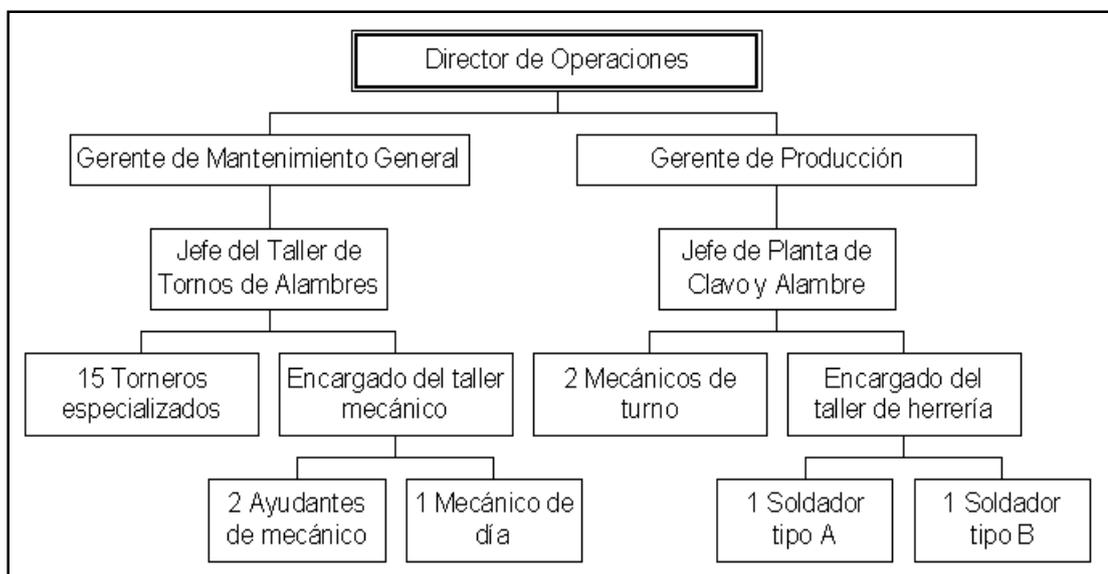
Tabla III. Lista de maquinaria de la planta de alambres

SECCIÓN	Nº.	DESCRIPCIÓN	SECCIÓN	Nº.	DESCRIPCIÓN
Corte y enderezado de alambón	1	Corte y enderezado de alambón 1	Clavo de madera	40	Clavo de madera 1
	2	Corte y enderezado de alambón 2		41	Clavo de madera 2
	3	Corte y enderezado de alambón 3		42	Clavo de madera 3
	4	Corte y enderezado de alambón 4		43	Clavo de madera 4
Trefilación	5	Trefiladora 1		44	Clavo de madera 5
	6	Trefiladora 2		45	Clavo de madera 6
	7	Trefiladora 4		46	Clavo de madera 7
	8	Trefiladora 5		47	Clavo de madera 8
	9	Trefiladora 6		48	Clavo de madera 9
	10	Trefiladora 7		49	Clavo de madera 10
	11	Trefiladora 9		50	Clavo de madera 11
	12	Trefiladora 10		51	Clavo de madera 12
Galvanización	13	Tren de Galvanizado		52	Pulidora de clavo de madera 1
Alambre espigado	14	Espigado 1		53	Pulidora de clavo de madera 2
	15	Espigado 2		54	Pulidora de clavo de madera 3
	16	Espigado 3	55	Pulidora de clavo de madera 4	
	17	Espigado 4			
	18	Espigado 5			
	19	Espigado 6			
	20	Espigado 7			
	21	Espigado 8			
	22	Espigado 9			
	23	Espigado 10			
	24	Espigado 11			
	25	Espigado 12			
	26	Espigado 13			
	27	Espigado 14			
	28	Espigado 15			
Alambre de amarré	29	Homo 1			
	30	Homo 2			
	31	Homo 3			
	32	Homo 4			
Clavo de lámina	33	Clavo de lámina 1			
	34	Clavo de lámina 2			
	35	Pulidora de clavo de lámina			
	36	Pintadora de clavo de lámina			
	37	Troqueladora de ficha 1			
	38	Troqueladora de ficha 2			
	39	Pulidora de ficha			

2.3 Personal involucrado en el departamento de mantenimiento

En el departamento de mantenimiento de la planta de alambres, hay varias personas involucradas. Existe una jerarquía cruzada a nivel del departamento de mantenimiento de alambres el cual se puede observar en el organigrama actual en la figura No. 5.

Figura 5. Organigrama actual del departamento de mantenimiento



Se debe hacer mención, que en la figura anterior, el Director de Operaciones, el Gerente de Mantenimiento General, el Gerente de Producción y el Jefe de planta de Clavo y Alambre tienen más personal a cargo aparte del mostrado en esta figura, esto por cuestión de espacio y de interés solamente se ha indicado lo necesario para el departamento de mantenimiento de alambres.

2.3.1 Taller mecánico

El taller mecánico es parte del departamento de mantenimiento de la planta de alambres, y es el más importante, esto debido a que el personal que lo integra conocen en un 100% el funcionamiento de la maquinaria y son los encargados de llevar a cabo actividades de mantenimiento tanto correctivas como programadas.

Esta compuesta por el siguiente personal:

- Un encargado del taller
- Dos mecánicos de turno
- Dos ayudantes
- Un mecánico de apoyo

Este personal, se encarga de atender toda la maquinaria de la planta cuando sea necesario. Las actividades que se realizan se centran en actividades correctivas, como por ejemplo desarmar una máquina de espigado para cambiar algún buje de bronce desgastado, llevar la pieza al torno para la fabricación del buje, al estar terminada la pieza, armar la máquina. Además se encargan de llevar a cabo los paros programados de la maquinaria para su respectivo mantenimiento.

El taller cuenta con un espacio dentro de la planta, hay una oficina del encargado y dos bodegas de repuestos y materiales. Las herramientas, repuestos y materiales se encuentran a cargo del encargado del taller.

2.3.2 Taller de torno

El taller de tornos es el que se encarga de fabricar las piezas necesarias para el funcionamiento de la maquinaria de la planta de clavo y alambres. Se coordina con el taller mecánico para la realización de las piezas requeridas. El personal de mantenimiento mecánico especifica todas las dimensiones de la pieza a fabricar y los torneros se encargan de realizarla.

Se cuenta con dos tornos pequeños, tres tornos grandes, un cepillo, un fresadora, y un horno eléctrico para tratamiento térmico.

El personal del taller está conformado por:

- Un encargado del taller de tornos
- 14 torneros de turno (día y noche)
- 5 torneros solamente de día.

Cabe mencionar que la mayoría de las piezas de la maquinaria de la planta se realizan en los tornos de la planta, son muy pocas las piezas que se requiere realizar afuera. Una de ellas son los engranajes helicoidales de las maquinas de trefilación.

2.3.3 Taller de herrería

El taller de herrería es el que se encarga de realizar todas aquellas actividades que pertenecen al área de soldadura, tanto oxiacetilénica como eléctrica. Se elaboran trabajos de instalación en donde se requiere cortar con oxicorte y luego soldar con electrodo.

Realizan trabajos de soldadura en la maquinaria de la planta. Al igual que el taller mecánico, realizan actividades correctivas como programadas, pero

por lo general son las correctivas las que más consumen tiempo. Una actividad, que a veces se puede considerar preventiva o correctiva, es la de calzar piezas que han sufrido desgaste con el uso del tiempo.

El personal del taller de herrería de alambres es el siguiente:

- Un encargado del taller
- Un soldador A
- Un soldador B.

El taller cuenta con dos máquinas de soldadura eléctrica, y el equipo básico para la soldadura autógena. Cuenta con un espacio físico dentro de la planta, y se encuentra cerca del taller mecánico.

2.4 Actividades realizadas

A nivel general, en toda la planta se realizan actividades de mantenimiento correctivo y programado. Se ha calculado el porcentaje de tiempo de estas dos actividades, las cuales son:

- Actividades correctivas en un 80%
- Actividades programadas en un 20%

2.4.1 Lubricación y limpieza

En la planta de alambres, las actividades de lubricación y limpieza es responsabilidad plena de los operarios. Hay un día designado para el mantenimiento de la sección, por ejemplo, en la sección de Galvanizado, Espigado.

Corte y enderezado de alambres, se realiza el mantenimiento el día lunes por la mañana. Trefilación se realiza el día sábado o domingo, mientras que en clavo se lleva a cabo durante cualquier día de la semana.

Durante el mantenimiento semanal, se lleva a cabo todas aquellas actividades de lubricación, limpieza, engrase, y cambio de piezas comunes de la máquina. Por ejemplo en las máquinas de espigado, se afilan las cuchillas de corte del alambre, se cambian aquellas piezas desgastadas, y se cambian las que necesitan reparaciones mayores.

La gran mayoría de las máquinas de la planta requieren lubricación o engrase manual, a un intervalo de tiempo predeterminado. Por ejemplo las máquinas de espigado Iowa utiliza una gran cantidad de bujes de bronce, el cual debe de ser engrasados por lo menos cada 6 horas. Las máquinas de clavo de madera utiliza, al igual que las de espigado Iowa solo que en menor cantidad, bujes de bronce en varios de sus ejes rotativos.

Además, hay máquinas que tienen centralizada la lubricación, en donde existe un depósito de aceite lubricante el cual es bombeado a las piezas de mayor desgaste por medio de un sistema de bombeo movido por un motor eléctrico. Claro, estas máquinas son las más recientes las cuales son contadas, las demás, se debe realizar la lubricación manualmente por medio de engrasadoras.

2.4.2 Lubricantes utilizados

El aceite lubricante utilizado es el aceite industrial Omala 150 y Omala 220. La casa fabricante de este tipo de aceite es Shell y sus características se pueden apreciar en la tabla V.

En el caso de las grasas, se utilizan tres tipos provenientes de la marca Shell, las cuales son EP2, EP1, EP0. Las grasas EP1 y EP2 son bastantes parecidas y sus aplicaciones son similares en ambos casos. La grasa EP0 es una grasa semifluida la cual se utiliza por ejemplo en las cajas reductoras.

Tabla IV. Características de los lubricantes utilizados

Viscosidad ISO	OMALA	
	150	220
Densidad en Kg/L a 15 °C	0.897	0.899
Punto de inflamación °C	238	238
Punto de escurrimiento °C	-21	-18
Viscosidad en CSt a 40 °C	150	220
A 100 °C	15	19.4
Indice de viscosidad	100	100

Fuente: Manual Técnico de Lubricantes Industriales, **Shell Lubricantes**

Tabla V. Características de las grasas utilizadas

Número NLGI	ALVANIA EP		
	0	1	2
Color	Ambar	Ambar	Ambar
Punto de goteo en °C	177	182	188
Penetración trabajada a 25 °C	380	330	275
Carga Timken en Kg	20.41	25	25
Espesante	Litio	Litio	Litio

Fuente: Manual Técnico de Lubricantes Industriales, **Shell Lubricantes**

2.4.3 Inspecciones a las máquinas

Existen formatos para la inspección de algunas secciones. Estas secciones son las de galvanizado, corte y enderezado de alambros, y amarre. El objetivo de llevar a cabo estas inspecciones es de recopilar la mayor información posible de las secciones de las actividades pendientes por realizar. Se toma nota de aquellas actividades que se deban ejecutar de urgencia y aquellas que son menos urgentes.

Los encargados de cada sección son los responsables de llevar a cabo las inspecciones y se realizan los días que se realiza el mantenimiento en la sección. El encargado de la sección debe de firmar de enterado de la inspección pasada a la sección en el formato y luego es entregada al jefe de la planta de alambros.

2.4.4 Toma de temperaturas de motores eléctricos

Semanalmente se lleva a cabo el monitoreo de temperaturas de los motores eléctricos más importantes de la planta. Esto para detectar algún

incremento anómalo en la temperatura de trabajo y que pueda ocasionar algún paro no programado en la producción de la planta.

La toma de temperaturas se lleva a cabo por medio de un medidor de temperaturas con mira infrarroja. La persona encargada es un mecánico de turno que esta bajo el mando de la jefatura de alambres. Normalmente se realiza los días Jueves de cada semana.

2.4.5 Mantenimiento correctivo

La mayor parte del tiempo, el personal del taller mecánico se dedica a realizar labores de mantenimiento correctivo. Esto significa que cuando una máquina para por alguna avería, el personal del taller se encarga de desarmar la pieza y llevarla al torno para su fabricación. Además hay otros trabajos de soldadura que entran dentro de la clasificación de actividades correctivas.

2.4.6 Mantenimiento programado

Debido a la necesidad de producción de la fábrica, en muy pocas ocasiones se para una máquina para su debido mantenimiento. Cuando se llevan a cabo, se trata de asegurarse que todos los materiales estén listos, que las piezas en donde se puedan avanzar en su fabricación, también estén listos, y además se trata de organizar a las personas disponibles en ese momento.

2.5 Bodega de repuestos y materiales

Se cuenta con una bodega de repuestos y materiales dentro del taller mecánico, en ella se encuentra surtido de todas aquellas piezas necesarias y

útiles para la máquina y que por ende para el proceso. En la bodega también se almacena toda la herramienta necesaria para el taller mecánico.

2.5.1 Lugar físico de la bodega

La bodega de repuestos y materiales se encuentra ubicada en el taller mecánico, mide aproximadamente 3 x 4 x 2 metros. Se encuentra ubicada en una esquina del taller.

2.5.2 Repuestos y materiales más utilizados en la bodega

Hay ciertos materiales y repuestos que requieren de una mayor demanda que los demás y estos resultan ser de mayor trascendencia en el proceso productivo. Es por ello que el cuidado debe ser especial hacia ellos, y se deben de tomar en cuenta para que el *stock* siempre sea el óptima para que nunca falten en caso de emergencia.

A continuación encontrará una lista de repuestos y materiales que no deben de faltar dentro de la bodega:

- ✓ Cojinetes
- ✓ Retenedores
- ✓ Tornillos
- ✓ Cuchillas para máquinas de espigado
- ✓ Guías cuchillas para las máquinas de espigado
- ✓ Rodillos templados
- ✓ Rodillos tensores
- ✓ Cremalleras
- ✓ Media lunas para espigado

- ✓Filtros de combustible
- ✓Manómetros

En la tabla siguiente encontrará un resumen por sección de las piezas más importantes.

Tabla VI. Resumen de piezas importantes en cada sección

Galvanización	Espigado	Trefilación	Clavo
Filtros	Engranajes rectos	Rodillos tensores	Tornillos
Reguladores	Engranajes cónicos	Poleas	Fajas
Manómetros	Cuchillas de corte	Rodillos decapadores	Cuchillas
Válvulas	Guías cuchillas	Fajas	Matrices
Quemadores	Eje sin fin	Bobinas	Correderas
Acoples	Medias lunas	Cojinetes	Resortes
Manerales	Discos de fricción	Retenedores	Mangueras
Fajas	Guías de centro de púa		Cojinetes
Tubería galvanizada	Entorchadores		
	Fajas		
	Cremalleras		
Corte y Enderezado	Amarre		
Cojinetes enderezadores	Resistencias eléctricas		
Chumaceras	Tubo negro		
Chavetas			
Resortes			

2.5.3 Problemas de la mala distribución de materiales

La mala distribución de materiales dentro de una bodega de repuestos y materiales siempre se ve reflejado en las actividades de mantenimiento en la planta. A continuación algunos ejemplos:

1. El problema más común es cuando no se tiene en existencia algún material de importancia para el mantenimiento de una máquina.
2. Este faltante de material perjudica en las actividades de mantenimiento en forma de retraso, cuando el material se encuentra en la bodega general de la planta, el retraso es mínimo, pero cuando el material hay que comprarlo en la calle, el retraso resulta por lo menos de un día. Dentro de estos materiales entran los cojinetes, retenedores, sellos, tornillos, etc.
3. El exceso de inventario de un material es otro problema de la mala distribución. Este exceso aumenta los costos de almacenamiento de la planta, ya que es un dinero que se tiene parado en inventario, el cual si se tuviera en un banco, generaría intereses al menos.
4. El aspecto visual de la bodega resulta desagradable para el visitante o para el personal nuevo de la bodega. Dentro de este aspecto se toma en cuenta también la limpieza del área.

2.6 Problemas más comunes en el departamento de mantenimiento

Existen varias deficiencias dentro del departamento de mantenimiento las cuales pueden ser atacadas con una buena planificación, personal altamente entrenado y otra serie de factores importantes. A continuación algunos casos importantes.

1. No se cuenta con un historial de las máquinas de las reparaciones realizadas. Tampoco se cuenta con un listado de piezas importantes por máquina. Debido a esto, para realizar un paro programado en una maquinaria, se debe desarmar el equipo para tomar nota de las piezas que necesiten cambio y mandarlas a comprar con la muestra. Si el trabajo que se necesite realizar pertenece al taller de tornos se debe de llevar la muestra para poder fabricar la pieza.
2. La mayoría de las piezas de la maquinaria de la planta de alambres están sujetas a desgaste severo por contacto de metal con metal. Esto debido a que la gran mayoría de la maquinaria es completamente mecánica, con mecanismos sencillos de fabricar pero con un alto grado de desgaste. Los bujes de bronce se utilizan como cojinetes en varias maquinas, como por ejemplo en las maquinas de clavo y de espigado.
3. Debido a la gran cantidad de maquinaria con que se cuenta en la planta, un operador nuevo le resulta difícil distinguir una máquina de la otra, ya que no existe una codificación adecuada de las máquinas.
4. Como se puede observar existe un personal limitado en el taller mecánico en la planta, entonces es necesario priorizar las actividades y no existe un buen procedimiento para la fijación de las mismas ya que hay casos en que el personal de mantenimiento esa realizando actividades que verdaderamente no son importantes.
5. Cada sección tiene asignado un día de la semana donde se realiza un mantenimiento semanal el cual básicamente, consiste en lubricación, limpieza o cualquier otro cambio menor que necesite la máquina. A la vez se



PDF Complete

Your complimentary use period has ended. Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

inspeccione este trabajo basándose en formatos ya establecidos y se anotan en ellos los trabajos mayores que se deban realizar. Por diversos motivos, no se le da el seguimiento a las actividades anotadas en dicho formato. Los encargados de las secciones dejan de anotar las actividades debido a que no se han realizado las anteriores.

6. En los paros programados de la maquinaria, no se tiene anotado el tipo de cojinete ni la cantidad usados, entonces se debe esperar para desarmar la maquina para luego tomar datos de los repuestos necesarios y por ultimo requerir este material al departamento de compras.
7. El personal del taller mecánico se encuentra dividido entre lo que es la jefatura de planta y el jefe del taller de tornos de clavo. Esto ocasiona que ninguno de los dos tenga autoridad completa sobre todo el personal del taller y se crean conflictos entre el mismo personal.

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO

MEJORADO

Se expondrán durante este capítulo, todos los pasos necesarios para que un programa de mantenimiento mecánico tenga éxito dentro de la empresa de alambres. Se aplicará toda esta teoría al departamento de mantenimiento de la planta para que se puedan observar cambios a corto, mediano y largo plazo. Abarcar todas los lineamientos que compone un programa de mantenimiento para todas las secciones de la planta será imposible plasamarlo en este trabajo. Es por ello que se expondrán las bases necesarias para luego darle el seguimiento necesario.

3.1 Definición de administración

Una de las funciones más importantes de un profesional es la de administrar correctamente los recursos disponibles. La administración es aplicable en cualquier actividad humana, desde actividades no importantes hasta proyectos de gran envergadura.

Se entiende la administración como una serie de actividades que involucre las partes más importantes del proceso administrativo el cual es la planificación, organización, integración de personal, dirección y control. La administración es el proceso de diseñar y mantener un medio ambiente en el cual los individuos, que trabajan juntos en grupos, logren eficientemente los objetivos seleccionados.

3.1.1 El proceso administrativo

Para entender mejor todo lo relacionado con el proceso administrativo se tiene que partir por el hecho de que nuestro entorno está formado por recursos y que estos se pueden resumir en seis principales los cuales son:

- Hombres
- Máquinas
- Dinero
- Productos
- Materiales
- Métodos

Todos estos recursos, están inmersos dentro de uno muy importante, el tiempo, el cual los afecta positiva o negativamente.

Además, se puede concluir que estos seis, entran dentro de tres tipos de recursos, los cuales son: humanos, físicos y técnicos. Dentro del recurso humano, se encuentra el hombre, mientras que dentro de los recursos físicos están las máquinas, el dinero, los productos y los materiales. Por último dentro de los recursos técnicos tenemos solamente a los métodos de trabajo.

En resumen, el proceso administrativo está constituido por una serie de cinco sucesos para aprovechar al máximo los seis recursos disponibles dentro de una empresa de producción, los cuales son:

1. Planeación
2. Organización
3. Integración
4. Dirección

5.Control

Para el presente trabajo, la parte de integración se ha incluido en la organización. A continuación se entrara en detalle para cada uno de ellos y se aplicara al departamento de mantenimiento de la planta de alambres.

3.1.2 Planeación del mantenimiento

Definición: La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo, y la determinación del tiempo y números necesarios para su realizaciones.

3.1.2.1 Determinación de la misión, objetivos y funciones del departamento

a) Misión

Conservar y preservar el equipo de la planta para que preste el servicio para el cual fue construido de una manera eficiente y dentro de los límites de calidad de la empresa, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles dentro de la planta y del departamento de mantenimiento.

b) Objetivos

- Disminuir los tiempos de parada por avería del equipo
- Asegurar la disponibilidad de la maquinaria de la planta para poder cumplir con las metas de producción trazadas cada mes

- Mantener al mínimo los costos de mantenimiento sin descuidar la calidad del mismo
- Integrar un equipo de trabajo en el área de mantenimiento con habilidades sobresalientes en el campo, capacitándolos constantemente en talleres competentes
- Mantener un *stock* optimo de inventarios de los repuestos y materiales para que la disponibilidad del inventario sea aceptable.

c) Funciones del departamento

- Planificar y priorizar en conjunto las tareas de mantenimiento requeridas en la planta.
- Elaborar e implementar los programas semanales, mensuales y anuales de mantenimiento para todas las áreas del departamento.
- Recopilar toda la información diaria de la actividades de mantenimiento e ingresarlas a una base datos durante un periodo de tiempo.
- Analizar toda la información recopilada en la base datos para determinar las causas de los problemas mas usuales que ocurren en el departamento.
- Formar y dirigir comisiones permanentes que sugieran mejoras en los procesos de mantenimiento del equipo.
- Asignar los recursos humanos, físicos y técnicos adecuados a las labores que debe realizar.

- Capacitar adecuadamente al personal de mantenimiento, coordinando la participación del personal en cursos de capacitación en los diferentes establecimientos disponibles en el país.
- Determinar mecanismos de control para evaluar el desempeño de la sección.
- Establecer un sistema de control de inventarios en el taller mecánico para que la disponibilidad de los inventarios siempre sea la optima.

3.1.2.2 Priorización de actividades

Dentro de un programa de mantenimiento, se debe establecer un sistema de priorización de actividades, para poder realizar siempre la actividad necesaria o importante en ese momento. El objetivo de este tema es asegurarse de realizar la actividad más importante y necesaria, ya que se han observado casos en que el personal de mantenimiento se ocupa en actividades menos importantes que otras.

Existen dos métodos para priorizar actividades: el del numero único y el índice ICGM.

a) Método del número único

El método del número único es el más sencillo de ambos, se asigna un número de 1 a 5 dependiendo de la importancia de la actividad. Si el trabajo por realizar es urgente se asigna un número 1, ahora si es menos urgente pero importante se asigna un número 2 y así sucesivamente. Se asignará un número 1 a todas aquellas actividades vitales dentro del proceso de producción

las cuales no pueden dejar de realizarse ya que alguna máquina o máquinas se encuentran paradas. En la tabla siguiente se podrá observar la aplicación en la planta de alambres.

Tabla VII. Aplicación del método del numero único (sección de trefilación)

No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PRIORIDAD	ESTADO
1	Verificar retenedor de la reductora de la máquina TR07	Mecánicos	1	Pendiente
2	Revisión y cambio del <i>Dead Block</i> de la máquina TR04	Mecánicos	1	Pendiente
3	Instalar la rectificadora de dados	Mecánicos	1	Pendiente
4	Tapón de aceite en la máquina TR02	Tornos	1	Pendiente
5	Cambio de aceite de caja de bobinas a la máquina TR06	Mecánicos	1	Pendiente
6	Reparar bajadas de agua pluvial	Servicios Generales	2	Pendiente
7	Instalación de bomba de agua de enfriamiento	Mecánicos	2	Pendiente
8	Fabricar 2 canastas para bobinas del último paso	Soldadores	2	Pendiente
9	Fabricar rodillos de cambio de dirección	Encargado	2	Pendiente
10	Limpieza de tubería de agua de enfriamiento de las máquinas	Operadores	3	Pendiente
11	Pintar puerta de sala de mando de la máquina TR10.	Pintor	3	Pendiente
12	Revisar tornillos del techo de la nave de trefilación	Servicios Generales	3	Pendiente
13	Buscar base para maquina rectificadora de bobinas	Oscar	3	Pendiente
14	Instalar tubería auxiliar al deposito del aire en la rectificadora	Mecánicos	3	Pendiente

Estas actividades se tienen que definir durante las inspecciones preventivas realizadas durante la semana. Además, se debe de definir las personas responsables de cada actividad y sus estado en que se encuentra, ya sea pendiente, en proceso o terminada.

b) Método del índice ICGM:

Llamado también el método de los multiplicadores, el cual consiste en multiplicar dos factores predeterminados para poder tomar una decisión basándose en la multiplicación encontrada. La formula teórica es la siguiente:

$$\text{Indice ICGM} = \text{Código maquina} \times \text{Código trabajo}$$

Este índice tiene tres aplicaciones perfectamente bien delineadas:

- Jerarquizaron de la expedición de las labores de mantenimiento de acuerdo con su importancia relativa.
- Elaboración racional del presupuesto anual para los gastos de conservación.
- Induce mediante el código máquina, en la clasificación de los equipos, instalaciones y construcciones de la empresa, determinando si son vitales, importantes o triviales, para definir la clase y cantidad de trabajo de conservación que se les debe proporcionar.

Para encontrar los valores del código de máquina, se debe de realizar un inventario completo de toda la maquinaria de la planta. En el inciso 3.2.1 se codificara todas las máquinas importantes de la planta. Luego de esto, se debe asignar una ponderación de 1 a 10 a cada código dependiendo de que tan vital es la máquina para el proceso de producción.

De igual forma se debe encontrar una ponderación del 1 al 10 al código de trabajo. La tabla VIII siguiente servirá como una guía.

Luego de haber asignado las dos ponderaciones a varias actividades, se multiplican estas dos y la de mayor puntuación, es la actividad mas importante o vital por realizar. Se debe de reunir a todo el personal calificado del departamento de mantenimiento para llegar a un acuerdo acerca de las

ponderaciones que se deben hacer tanto a cada máquina como a cada trabajo. El personal involucrado debe de ser el departamento de producción, de mantenimiento, costos, y ventas.

Tabla VIII. Clasificación de código máquina y código trabajo

CÓDIGO MÁQUINA	CLASIFICACIÓN	CÓDIGO TRABAJO	CLASIFICACIÓN
10	Recursos vitales	10	Paros
9	Recursos importantes	9	Acciones preventivas urgentes
8	Recursos importantes pero duplicados	8	Trabajos de auxilio a la producción
7	Recursos que intervienen en la producción	7	Acciones preventivas no urgentes
6	Recursos auxiliares de producción sin reemplazo	6	Acciones preventivas generales
5	Recursos auxiliares de producción con reemplazo	5	Acciones rutinarias
4	Recursos de embalaje y pintura	4	Acciones para mejoría de la calidad
3	Equipos generales	3	Acciones para la disminución del costo
2	Equipos para la producción y sistemas de seguridad	2	Acciones de salubridad y estética
1	Edificios e instalaciones estéticas	1	Acciones de aseo y orden

Para una empresa donde el personal de manejo de papeleo es muy escaso, se recomienda utilizar el método mas sencillo. En el caso de la planta de alambres se debe de empezar con el método del numero único.

Esto, debido a que no requiere demasiado papeleo ni políticas. El método del índice ICGM, se puede utilizar cuando las actividades por realizar son bastantes y muy importantes.

3.1.2.3 Programas

En la etapa de planeación, una parte muy importante son los programas de mantenimiento. El personal encargado de la planeación, pasa una buena parte de su tiempo realizando programas. Los programas bien estructurados son de gran ayuda para cualquier empresa ya que es la base o la guía a seguir durante un cierto periodo de tiempo.

Los programas deben de realizarse con varios días de anticipación, deben de ser revisados varias veces debido a que también los programas pueden ser obsoletos si no se apegan a la realidad de la planta y el recurso disponible.

Los programas dependen del tiempo de alcance del mismo. Existen programas semanales, mensuales, anuales. Para los programas semanales son más a detalle, en ellos se determina quien, cuando y con que se deben realizar las actividades. En cambio, los mensuales es mas general, se enlista las actividades y el responsable que se deben realizar en el mes programado.

Para la programación anual, se debe de reunir a todo el personal involucrado en el departamento de mantenimiento. En esta reunión, se discutirán todas las actividades que se realizaron durante el año terminado, además se enlistaran las actividades por realizar durante el siguiente año. El jefe de planta, junto al jefe de mantenimiento serán los encargados de llevar acabo esta reunión, la fecha ideal para este tipo de reunión son las primeras semanas de Diciembre. La figura 6 muestra un ejemplo de un programa.

Figura 6. Ejemplo de un programa mensual de trabajo

ACEROS DE GUATEMALA S.A.			SEPTIEMBRE																													
PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE																																
Departamento de mantenimiento																																
Programación mensual de actividades																																
No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Caja reductora del Dec d Block TR04	Mecánicos A																														
2	Overhaul a la maquina CE01	Mecánicos A																														
3	Cambio de retenedor ranaje principal de TR09	Mecánicos A																														
4	Mantenimiento a maquina CM11	Mecánicos A																														
5	Fabricación de rectificadora de bobinas	Mecánicos A																														
6	Modificar soporte del cajete del enderezador	Mecánicos A																														
7	Revisión de clutch de la CE02	Mecánicos A																														
8	Fabricar 3 qes de repuestos para cerca	Mecánicos A																														
9	Fabricar engranes para maquinas de espigado	Mecánicos A																														
10	Cambio de lubería de combustible en G01	Mecánicos B																														
11	Rectificado de bobinas de tréfilacion	Mecánicos B																														
12	Cambio lubería de lubricación a las de Clavo	Mecánicos B																														
13	Fabricación de guías cuchillas para espigado	Mecánicos B																														
14	Muestras de aceite para análisis	Encargado 1																														
15	Pintar las maquinas de tréfilacion	Encargado 1																														
16	Limpieza de lubería de la tope de enfriamiento	Encargado 1																														
17	Limpieza del tanque de diesel de galvanizado	Encargado 2																														
18	Enfriar el tanque de agua y de acido	Encargado 2																														
19	Cambiar manerías de embobinadoras	Encargado 2																														
20	Pintado de cámara de extracción de vapores	Encargado 2																														
21	Calzado de bobinas de tréfilacion	Soldadores																														
22	Fabricación de tanque de cloruro de amonio	Soldadores																														
23	Fabricación de lapaderas de pulidoras	Soldadores																														
24	Reparación de orugas de ollas de amame	Soldadores																														
25	Fabricación de bodega de materiales	Soldadores																														

Aprobo
Jefe de Mantenimiento

Vo. Bo.
Jefatura de Planta

3.1.2.4 Presupuestos

Todas las empresas deben tener un rubro estimado de dinero para gastar dentro de sus diferentes áreas. Una de ellas es el área de mantenimiento. Con el fin de proyectar los gastos de mantenimiento durante un periodo, que usualmente es de un año, se realizan los presupuestos.

Se deben incluir todos aquellos gastos en que se incurrirán en realizar un adecuado mantenimiento durante el periodo de un año. Para calcularlo, se toma como base, los programas realizados en la planeación y pueden indicarse en diferentes unidades y no exclusivamente la monetaria; así, pueden existir presupuestos de mano de obra, de materiales, de horas extras, de ventas, de producción, etc.

El jefe de mantenimiento, es el encargado de realizar el presupuesto anual de la planta y con la ayuda de los programadores y de su asistente deberán tenerlo antes de empezar un año productivo. Nos servirá para comparar los gastos reales contra los planeados al finalizar el año.

En la siguiente página, podrá observar un ejemplo de un presupuesto en la planta de alambres. Algo muy importante que cabe aclarar es el hecho de que los números que aparecen en la siguiente tabla no representan los valores reales de la empresa, se calcularon al azar como nota de ejemplo.

Figura 7. Ejemplo de un presupuesto

ACEROS DE GUATEMALA S.A.														
PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE										FECHA: 20 de Diciembre del 2003				
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO														
PRESUPUESTO ANUAL DE GASTOS														
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Taller mecánico	Mano de obra	13200	13200	13200	13200	13200	13200	26400	13200	13200	13200	13200	26400	184800
	Materiales	9200	9500	8000	6000	7500	9600	8000	8300	8400	8200	8600	7100	98400
	Repuestos	5000	3500	3600	4000	7000	6000	4500	3800	3500	3000	2900	3100	49900
	Cargos varios	200	300	500	400	250	300	150	200	300	200	350	200	3350
	Sobrecargos	600	500	550	600	610	550	500	600	300	600	400	400	6210
Total		28200	27000	25850	24200	28560	29650	39550	26100	25700	25200	25450	37200	342660
Taller soldadura	Mano de obra	6600	6600	6600	6600	6600	6600	13200	6600	6600	6600	6600	13200	92400
	Materiales	4000	4500	3800	4500	3200	3500	3100	3600	3800	3700	4200	4000	45900
	Repuestos	800	1200	1000	1300	1000	1400	1200	900	1100	1300	1100	800	13100
	Cargos varios	150	200	210	250	300	150	130	200	150	300	400	200	2640
	Sobrecargos	150	350	400	500	450	480	470	500	510	550	480	530	5370
Total		11700	12950	12010	13150	11550	12130	18100	11800	12160	12450	12780	18730	159410
Taller de torno	Mano de obra	38000	38000	38000	38000	38000	38000	76000	38000	38000	38000	38000	76000	532000
	Materiales	4000	4500	5000	6000	4500	6000	6500	7000	6600	6100	6200	6300	68700
	Repuestos	2100	2300	2100	2400	2300	2100	2500	2600	2100	2400	2300	2000	27200
	Cargos varios	250	300	380	300	350	340	310	250	200	300	210	200	3400
	Sobrecargos	400	450	480	470	550	550	600	700	600	500	550	400	6250
Total		44750	45550	46560	47170	45710	46990	85910	48550	47500	47300	47260	84900	637550
Oficinas	Mano de obra	4000	4000	4000	4000	4000	4000	8000	4000	4000	4000	4000	8000	56000
	Materiales	1200	1500	2000	2500	2100	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	23300
	Cargos varios	300	200	200	200	300	400	300	200	350	200	300	200	3150
	Sobrecargos	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	4800
	Total		5900	6100	6600	7100	6800	6800	10700	6600	6750	6600	6700	10600
Total		90550	91500	90420	91620	92520	95570	154260	93050	92110	91550	92190	151430	1226870

Jefe de Mantenimiento

Revisó
Departamento de Costos

Vo Bo
Jefatura de Alambres

3.1.2.4.1 Taller mecánico

- **Mano de obra:** Se debe incluir para la mano de obra, el salario ordinario, extraordinario y las prestaciones laborales del personal que integra el taller mecánico. En total son seis personas que incluyendo el encargado del taller, los dos mecánicos de turno, un mecánico de día y dos ayudantes de mecánico. Para el cálculo de las horas ordinarias y extraordinarias, se debe incluir dos mecánicos que laboran en turno de día y nocturno, rotativo. Para las prestaciones laborales, se utiliza en la empresa un factor de 1.4.
- **Materiales:** Para el cálculo de materiales del taller mecánico, se debe tomar como guía el programa anual de mantenimiento. por ejemplo si se tiene planificado el mantenimiento de una maquina de trefilación en el mes de marzo, dentro del rubro de materiales se debe incluir acero VCN para ejes, bronce fosforado para bujes, planchas metálicas, etc.
- **Repuestos:** Dentro de este rubro entra los cojinetes, retenedores, piezas de la maquina como engranajes, rodillos, poleas, etc. Al igual que los materiales, los repuestos dependen mucho del programa anual de mantenimiento para el calculo del presupuesto anual.
- **Cargos varios:** Incluye todo lo necesario para la limpieza del taller como lo es el wipe, escobas, gas y todo aquello que no entre dentro de los rubros anteriores.

3.1.2.4.2 Taller de herrería

- **Mano de obra:** Dentro de la mano de obra del taller de herrería se incluye el salario del personal del taller, en este caso será el encargado y los dos soldadores.
Se incluye el salario ordinario, extraordinario y las prestaciones laborales de la empresa. El personal del taller de herrería labora únicamente de día, por lo que hay que tomarlo en cuenta para el calculo. El factor para las prestaciones laborales es de 1.4.
- **Materiales:** Para el cálculo del rubro de materiales se incluye: lámina negra A53 de diferente medidas, láminas de acero inoxidable de diferentes medidas, todo tipo de electrodos, oxígeno, acetileno, varilla lisa, angulares, hembras. En general todo el material necesario para cumplir con el programa anual de mantenimiento.
- **Repuestos:** Se debe incluir: el equipo para la soldadura oxiacetilénica y el equipo necesario para la soldadura al arco eléctrico.
- **Cargos varios:** Se incluye, lo necesario para la limpieza de la sección y cualquier otro cargo que no puede clasificarse en ninguno de los rubros anteriores.

3.1.2.4.3 Taller de tornos

- **Mano de obra:** Cálculo del salario anual del personal a cargo del taller. Laboran quince torneros, donde diez de ellos laboran dos turnos alternados semanalmente (nocturno y día). Se incluye el salario ordinario extraordinario y las prestaciones laborales. Para este último se toma el mismo factor.

- **Materiales:** Se incluye todo tipo de acero maquinable para la fabricación de piezas de la planta, plásticos de ingeniería, etc. Depende en parte de la programación anual y el paro no programado de las máquinas.
- **Repuestos:** Los repuestos de las máquinas herramientas entra dentro de este rubro, tal es el caso de cojinetes, engranajes, etc.
- **Cargos varios:** Gastos necesarios para la limpieza del taller de cualquier otro tipo de gastos que no entren en los rubros anteriores.

3.1.2.4.4 Oficinas

- **Mano de obra:** Calculo del salario anual del personal de la oficina, incluye al asistente del jefe de mantenimiento, a las dos personas de planeación y control. El salario del jefe de mantenimiento deberá ser considerado en la planilla de ingeniería.
- **Materiales:** Todos los materiales de oficina, papelería, tinta para las impresora, lapiceros, marcadores, etc.
- **Cargos varios:** Todo lo necesario para la limpieza de la oficina.

3.1.3 Organización

Una parte muy importante del proceso administrativo es la organización, y consiste en estructurar o darle forma a las partes que componen un sistema disponiendo de los recursos disponibles, en este caso el hombre, la máquina, materiales, etc.

Se debe de llegar a implementar un una estructura organizacional ideal dentro del departamento. Una estructura organizacional, se refiere a un sistema formal de relaciones de trabajo tanto para la división como para la integración de tareas. Por medio de la división de tareas se establece quien deberá hacer que cosa, mientras que a través de la integración de tareas establece la manera en que deben combinarse los esfuerzos.

3.1.3.1 Organización propuesta en mantenimiento (organigrama)

Uno de los problemas dentro del departamento de mantenimiento es que la autoridad esta dividida en dos. Las personas que laboran en el taller mecánico están bajo el mando de la jefatura de planta y bajo el mando del jefe del taller de tornos. A continuación se propone un cambio en la organización del departamento. Este cambio es radical en la estructura, lo cual se hará difícil de asimilarlo al principio por las personas, pero es la forma más adecuada para asegurar que el programa de mantenimiento mecánico mejorado tenga éxito y seguimiento en el futuro. En la figura 8 se puede apreciar el organigrama propuesto para el departamento.

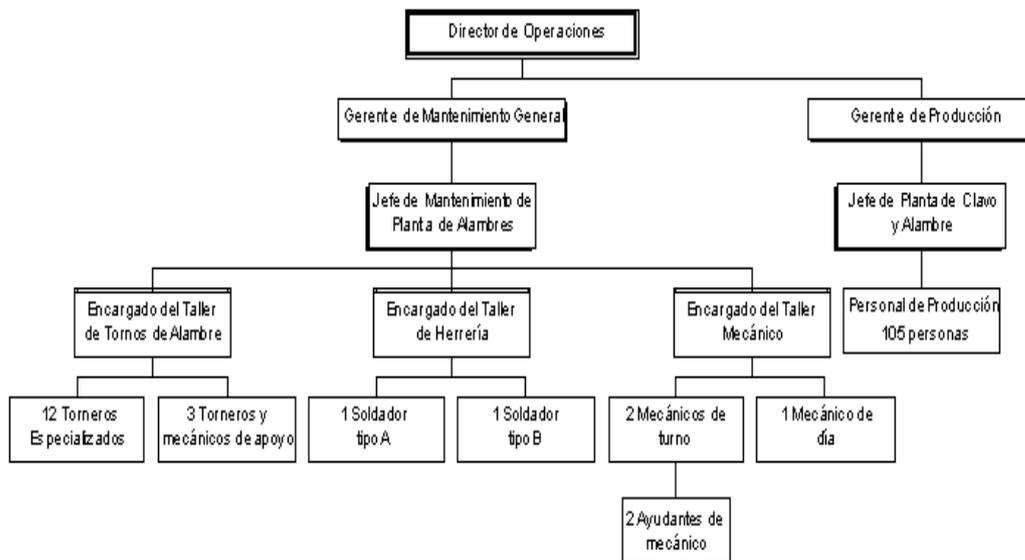
La descripción y especificación de puestos se realizara en el siguiente inciso, pero en este inciso, se hará un resumen de los cambios propuestos.

Resumen del organigrama

- Se propone una persona encargada del departamento de mantenimiento, el cual será el jefe del área, será el único responsable de las actividades realizadas en la sección y será el encargado de planificar, organizar, dirigir y controlar el mantenimiento de la planta.
- Un asistente para el jefe de mantenimiento será importante pero no

necesario. Va depender de la cantidad de personal a su mando. Debido a la cantidad de personas con que cuenta el departamento de mantenimiento de alambres no será necesario, pero si la corporación crece habrá necesidad de contratar mas personal y para entonces si será necesario.

Figura 8. Organigrama propuesto para el departamento de mantenimiento



- Se propone un centro de planeación y control, una de las dos personas será la encargada de la sección. En este centro se llevara a cabo la elaboración de programas a corto y mediano plazo, digitacion de datos, papeleo, diseño de formatos para el control de actividades, recopilación de la información diaria, mejora continua de la base de datos de información, todo lo que se refiere al trabajo de oficina de un departamento de mantenimiento bien organizado.
- Las cinco personas del taller mecánico tendrán un solo jefe inmediato superior, el cual será el encargado del taller mecánico.
- En el taller de tornos, se denominaran tres torneros mecánicos, los cuales se encargaran de prestar ayuda tanto técnica como física al personal del taller cuando se requiere realizar trabajos vitales dentro del proceso de producción. Estos trabajos son especiales, como por ejemplo cuando se realiza mantenimiento a cualquier maquina de trefilación y se requiere de varias manos de ayuda.
- El jefe de mantenimiento de la planta de alambres seria el jefe inmediato superior del encargado del taller de tornos, el cual actualmente pertenece a la jefatura de mantenimiento general de la planta.

3.1.3.2 Descripción y especificación de puestos propuestos

Jefe de mantenimiento de la planta

Departamento: Gerencia de producción e ingeniería
Ubicación: Planta de clavo y alambre
Reporta a: Gerente de mantenimiento general

Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Descripción genérica del puesto

El jefe de mantenimiento es el encargado de planificar, organizar y dirigir el departamento de mantenimiento de alambres. Se coordina junto al jefe de planta y el centro de planeación y control para la planificación de las actividades por realizar en las secciones de trefilación, galvanización, espigado, clavo, amarre y corte y enderezado de alambres. Organiza al personal para la puesta en marcha de los diversos proyectos de la planta. Selecciona, junto al jefe de planta, al personal a su cargo. Es responsable del entrenamiento y capacitación de los trabajadores del área de mantenimiento. Coordina con los talleres de la empresa los trabajos de soldadura, máquinas herramientas, tratamientos térmicos y electricidad que se realizan para la planta. Investiga la manera de mejorar los procesos, procedimientos de mantenimiento de la planta.

Deberes del puesto

- Elaborar los programas de actividades anuales en conjunto con el jefe de planta y el centro de planeación y control.
- Elaborar el presupuesto de mantenimiento de la empresa y ponerlo a consideración de la dirección de la planta, hasta obtener su aprobación.
- Revisar la planilla semanal de horas extras del departamento de mantenimiento y firmar de autorizado.
- Analizar mensualmente los costos de mantenimiento contra el costo de paro, corroborando que se ha tomado las acciones necesarias para corregir las desviaciones.

- Dirige a un equipo asesor que esta conformado por los seis mecánicos, tres soldadores y cinco torneros especializados.
- Estar informado de los equipos, instalaciones y construcciones que presenten fallas y del porque de las mismas, corroborando que se estan tomando las medidas adecuadas.
- Conocer y decidir las acciones mas importantes que se deben de llevar a cabo en el departamento.
- Calificar anualmente los méritos del personal a sus ordenes directas y analizar las calificaciones de méritos del resto del personal de la gerencia de mantenimiento, tomando acciones de acuerdo con las políticas de recursos humanos.
- Supervisar los trabajos más importantes en la planta, como por ejemplo algún mantenimiento mayor en alguna sección, o algún trabajo de montaje.

Especificaciones del puesto

- Ingeniero mecánico o mecánico industrial
- Conocimientos sólidos de administración del mantenimiento
- Experiencia en el área de mantenimiento y manejo de personal operativo
- Características sobresalientes de líder
- Conocimientos sólidos en inglés y computación
- Experiencia deseable en la industria metalmecánica.

Asistente del jefe de mantenimiento de la planta:

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres
Ubicación: Planta de clavo y alambre
Reporta a: Jefe de mantenimiento de alambres
Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Descripción genérica del puesto

Ayuda al jefe de mantenimiento en la planificación, organización, dirección y control del departamento. Supervisa las actividades diarias dentro de los tres talleres del departamento e informa al jefe de mantenimiento del avance de las mismas. Colabora con recopilación de información diaria, ayuda al centro de planificación y control con la planeación mensual y semanal de actividades por realizar. Toma decisiones de mantenimiento en ausencia del jefe de mantenimiento con la asesoría de los tres encargados de los tres talleres. Se encarga de la seguridad personal de los trabajadores de los tres talleres, se asegura que los trabajos realizados por el personal sean completamente seguros y que no corran ningún tipo de riesgo y también se asegura que el personal utilice el equipo de protección personal adecuado. Implementa los cambios realizados por el centro de planeación y control.

Especificaciones del puesto

- Ingeniero mecánico o mecánico industrial
- Experiencia con el manejo de personal
- Altamente proactivo y dinámico
- Con iniciativa propia

- Conocimientos de computación e ingles técnico
- Buenas relaciones interpersonales

Encargados de la planificación y control

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres
Ubicación: Planta de clavo y alambre
Reporta a: Jefe de mantenimiento de alambres
Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Descripción genérica del puesto

El encargado de la sección de planificación y control es el que lleva a cabo el diseño de los programas mensuales y semanales de las actividades de las secciones de la planta. Además, diseña e implementa procedimientos para el control estadístico de toda la maquinaria de la planta que sirven de retroalimentación para la misma sección. Recopila toda la información diaria del departamento y la ingresa a la base de datos. Diseña y mejora continuamente la base de datos de la sección. Una persona será el encargado de la planificación y la otra será el encargado del control del departamento. Debe conocer cual es el funcionamiento al detalle de la bodega de repuestos y materiales, así como de la idoneidad del *stock*, que contiene y de las requisiciones urgentes de partes y repuestos para tomar las acciones correctivas necesarias. Debe analizar propuestas para el mejoramiento de equipos, instalaciones y construcciones, en conjunto con la jefatura de planta y el jefe de mantenimiento. El encargado de control, es el que debe realizar la planilla semanalmente y recopilar los informes de horas extras de los encargados, para luego entregarla a la jefatura de planta con su firma de autorizado por el jefe de mantenimiento.

Especificaciones del puesto

- Ingeniero mecánico o mecánico industrial, pensum cerrado
- Experiencia deseable en el manejo de personal
- Manejo de paquetes software de computación
- Conocimientos sólidos del idioma ingles
- Altamente proactivo
- Deseos de superación
- Con gran iniciativa

Encargado del taller mecánico

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres
Ubicación: Planta de clavo y alambres
Reporta a: Jefe de mantenimiento de alambres
Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Coordina y dirige las actividades de mantenimiento mecánico dispuestas por el jefe de mantenimiento de la planta. Distribuye al personal encargado, a realizar las labores de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Participa en decisiones referentes a las labores de mantenimiento a largo plazo, y además realiza labores de mantenimiento en conjunto con sus mecánicos. Reporta semanalmente las horas extras del personal a su cargo y las entrega al encargado de control de la planta. Realiza las requisiciones para el pedido de algún repuesto vital de alguna máquina. Asesora al jefe de planta en la planificación anual de mantenimiento. Se coordina con los encargados del taller

de herrería y de tornos para la realización de alguna pieza o de alguna actividad de soldadura. Participa en la selección de personal del taller a su cargo.

Especificaciones del puesto:

- Experiencia comprobada en manejo de personal y maquinaria industrial
- Egresado de carrera técnica, bachiller industrial o mecánico industrial
- Conocer a detalle la maquinaria de la planta de alambres
- Característica de líder con el personal
- Manejo y habilidad con la herramienta industrial

Encargado del taller de herrería

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres
Ubicación: Planta de clavo y alambre
Reporta a: Jefe de mantenimiento de alambres
Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Coordina y dirige las actividades de soldadura por realizar en la planta dispuestas por el jefe de mantenimiento. En conjunto con los dos soldadores, llevan a cabo la actividades programada por el centro de planeación y control. Llevan a cabo actividades correctivas en la planta. Supervisa los trabajos hechos por los soldadores. Llena los informes diarios de actividades realizadas por la sección y los entrega al encargado de control. También llena los informes de trabajos mayores, detallando los materiales que se usaron, que tiempo se llevo en realizarlo, etc. Realiza el informe de horas extras del departamento de mantenimiento y se la entrega al encargado de control del centro de planeación y control de la planta. Realiza las requisiciones de material necesarias para los trabajos.

Especificaciones del puesto

- Experiencia comprobada en manejo de personal
- Egresado de una carrera a nivel técnica, soldadura industrial
- Alto dominio de todo tipo de soldadura, autógena, al arco eléctrico, etc.
- Conocimiento de soldadura de acero al carbono, acero inoxidable, aceros especiales y hierros fundidos.
- Capacidad de dirigir al personal a su mando

Encargado del taller de tornos

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres
Ubicación: Planta de clavo y alambres
Reporta a: Jefe de mantenimiento de alambres
Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Coordina y dirige las actividades por realizar en el taller de tornos. Se coordina con el encargado del taller mecánico para la fabricación de piezas necesarias para el proceso de producción de la planta. Recibe las requisiciones de trabajo de las demás secciones, y las echa andar en los tornos disponibles. Participa directamente en la selección de personal de su sección a cargo en conjunto con el jefe de mantenimiento. Realiza reportes de horas extras y se las entrega al encargado de control en el centro de planeación y control. Realiza los reportes diarios de actividades para el control de costos de fabricación de repuestos y luego se las entrega al encargado de control que servirán como información de retroalimentación. Realiza requisiciones de repuestos y materiales necesarios para el taller de tornos.

Especificaciones del puesto:

- Experiencia comprobada en manejo de personal
- Egresado de una carrera técnica a nivel medio, maquinas herramientas
- Amplio dominio de maquinas herramientas
- Don de mando
- Con iniciativa

Mecánico de planta

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres

Ubicación: Planta de clavo y alambre

Reporta a: Encargado del taller mecánico

Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Ejecuta labores de mantenimiento mecánico dispuestas por el encargado del taller mecánico. Realiza labores de mantenimiento correctivo, como preventivo y predictivo. Conformo junto con los otros mecánicos, los soldadores de planta y los torneros, un equipo asesor en materia de mantenimiento. Cubre las secciones de trefilación, clavo, espigado, galvanización, amarre y corte y enderezado de alambres.

Especificaciones del puesto

- Egresado de nivel técnico en las áreas de mantenimiento industrial o mecánica industrial
- Capacidad de trabajar en equipo
- Con iniciativa
- Capacidad de análisis

Soldador de Planta:

Departamento: Mantenimiento de planta de alambres

Ubicación: Planta de clavo y alambre

Reporta a: Encargado del taller de herrería

Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Ejecuta labores de soldadura requeridas en las diferentes secciones de la planta. Maneja soldadura oxiacetilénica y eléctrica de acero al carbono, aceros especiales, hierros fundidos y aceros inoxidable. Integra junto con los mecánicos de la planta un equipo asesor en materia de mantenimiento.

Especificaciones del puesto

- Egresado del nivel técnico en el área de soldadura industrial
- Dominio de soldadura autógena y eléctrica
- Conocimiento de soldadura de acero al carbono, acero inoxidable, aceros especiales y hierros fundidos.
- Capacidad de trabajar en equipo
- Iniciativa propia

Torneros de planta:

Departamento: Mantenimiento de la planta de alambres

Ubicación. Planta de clavo y alambre

Reporta a: Encargado del taller de tornos

Fecha de creación: 16 de Julio del 2003

Ejecuta las piezas o partes en las maquinas herramientas, según un programa ya planificado a disposición del encargado del taller de tornos. Su

especialización es realizar piezas de poco tamaño pero de gran precisión. Conformar un equipo asesor con los mecánicos y los soldadores de la planta para mejorar los procesos de mantenimiento.

Especificaciones del puesto

- Egresado del nivel técnico en el área de maquinas herramientas
- Dominio de las maquinas torno, fresadora, cepillo y taladro
- Con iniciativa propia
- Capacidad de trabajar en equipo.

3.1.3.3 Responsabilidad en las tareas

La responsabilidad y la autoridad son dos conceptos diferentes, la autoridad es la facultad de conseguir la acción de terceros. Mientras que la responsabilidad es la obligación que tiene una persona de responder ante sus superiores por su actuación durante el desempeño de sus labores. La responsabilidad no puede delegarse como la autoridad, solo se comparte. Esto se refiere por ejemplo a que el superior puede delegar autoridad a un subordinado, pero no por eso deja de ser responsable ante su jefe del buen uso o mal uso que el subordinado pueda o quiera dar la autoridad que le fue delegada.

Cada persona dentro del departamento de mantenimiento tiene una responsabilidad bien definida, y es la de realizar su trabajo con una actitud positiva y dar lo mejor en cada tarea asignada. Se ha demostrado que un trabajo mal hecho o hecho a medias, cuesta más que un trabajo bien realizado.

El jefe de mantenimiento de alambres es la persona que responde ante cualquier eventualidad dentro del departamento, es el que tiene mayor responsabilidad, ya que cualquier reclamo o beneficio tendrá que ser el que responda. Los subordinados tienen un menor grado de responsabilidad ya que es únicamente al jefe de mantenimiento.

3.1.3.4 Procedimiento para la asignación de tareas

Dentro de un departamento bien organizado debe existir un procedimiento para la asignación de tareas adecuado de tal manera que sea eficiente pero no tedioso.

Todo debe de comenzar desde las inspecciones preventivas que se deben realizar semanalmente. En ellas se deben de anotar todas las trabajos que se tienen que realizar en cada sección de la planta. Al terminar la inspección y la anotación de las tareas, se entregan al encargado de planeación y control de la planta. Este realiza su respectiva planificación.

Existen dos tipos de actividades: las programadas y las correctivas. Las programadas, el centro de planeación y control son los que se encargan de planificar estas actividades. Las correctivas se deben de realizar en el instante y no pueden esperar. Por ejemplo:

1. Se ha quebrado una pieza en la máquina de espigado y el operador desconecta la máquina e informa al mecánico.
2. El mecánico de turno inspecciona las partes dañadas y determina que fue el mecanismo que hala el alambre hacia la máquina.

3. Si el paro fue durante el turno de día, el mecánico de turno informa al encargado del taller de las piezas que hay que fabricar. En este caso, se determina que llevará trabajo de soldadura cortando una pieza de lamina A53 con oxicorte.
4. El encargado del taller realiza un requisición de trabajo para el taller de herrería, la firma el mismo y el jefe de mantenimiento de enterado. En caso de que el paro haya sido durante el turno nocturno, el mecánico de turno será el que realice la requisición de trabajo.
5. La original se la entrega al encargado del taller de herrería con el material necesario para la pieza. La copia se la entrega al centro de planeación y control para su ingreso al sistema de computo.
6. El encargado del taller de herrería será el que decidirá quien de los dos soldadores es el que deba realizar el trabajo.

El formato propuesto para la requisición de trabajo podría ser el siguiente:

Figura 9. Formato de solicitud de trabajo.

REQUISICIÓN DE SERVICIOS DE TALLER		ACEROS DE GUATEMALA PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE	Número No. 03451
Fecha: _____ del 200 _____		Hora: _____	
Sección Solicitante:		Solicitud al Taller:	
<input type="checkbox"/> Trefilación	<input type="checkbox"/> Corte y Enderezado	<input type="checkbox"/> Tornos de Clavo y Alambre	Solicitante: _____
<input type="checkbox"/> Galvanización	<input type="checkbox"/> Amarre	<input type="checkbox"/> Herrería	
<input type="checkbox"/> Espigado	<input type="checkbox"/> Clavo	<input type="checkbox"/> Eléctrico	
No.	Cantidad	Descripción de materiales y/o servicios requeridos	
CODIGO MÁQUINA: _____			
USO: _____			
Recibido por		Vo.Bo. Jefe de Planta	Encargado de Sección
NOMBRE		NOMBRE	NOMBRE
FIRMA		FIRMA	FIRMA

1. Luego de que fue entregada la requisición de trabajo al encargado del taller de herrería, este emitirá una orden de trabajo escrita, ya sea a uno de los dos soldadores o a ambos si el trabajo es complicado. Hay ocasiones en que el encargado deberá también participar en la actividad, dependiendo del grado de dificultad de la misma. En este ejemplo se tomo al taller de herrería, pero pudo haber pasado lo mismo con el taller de tornos o el departamento eléctrico. El formato para una orden de trabajo en cualquiera de los talleres del departamento de mantenimiento de alambres es el siguiente.

Figura 10. Formato de orden de trabajo.

ACEROS DE GUATEMALA S.A PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE		ORDEN DE TRABAJO		Orden Número: No. 0001
Taller de: <input type="checkbox"/> Tornos de Clavo y Alambre <input type="checkbox"/> Herrería <input type="checkbox"/> Mecánico		Seccion: <input type="checkbox"/> Trefilación <input type="checkbox"/> Galvanización <input type="checkbox"/> Espigado <input type="checkbox"/> Corte y Enderezado <input type="checkbox"/> Amarre <input type="checkbox"/> Clavo		Fecha de Inicio: Fecha de Finalización:
Máquina asignada:	Código máquina:	Pieza:	Personal encargado:	
No.	Cantidad	Descripción del trabajo por realizar		
OBSERVACIONES:				
Vo.Bo. Jefe de Mantenimiento		Recibido por		Hecho por
NOMBRE		NOMBRE		NOMBRE
FIRMA		FIRMA		FIRMA

Los formatos que se deberán de llevar una copia aparte de la original. La original le quedará al encargado del taller, mientras que la copia la archivará el centro de planeación y control.

3.1.4 Dirección

El tercer paso del proceso administrativo es la dirección. Al mencionar dirección, se define como el proceso de influir en las personas para que contribuyan a lograr las metas de la organización y el grupo.

Dentro de las herramientas necesarias para alcanzar las metas trazadas se encuentra la motivación, el liderazgo, la comunicación y manejo de conflictos y estrés.

3.1.4.1 Técnicas motivacionales aplicables al departamento

La motivación es un término general que se aplica a todo tipo de impulsos, deseos, necesidades, aspiraciones y fuerzas similares. Los motivos humanos se basan en necesidades que pueden ser conscientes o inconscientes. Algunas son necesidades primarias, como los requerimientos fisiológicos de agua, aire, sueño y abrigo. Otras necesidades pueden considerarse como secundarias, tal es el caso de la autoestima, estatus, afiliación con otros, afecto, entrega, logro y autoaserción. Estas necesidades varían en intensidad y con el tiempo de acuerdo con los individuos.

La teoría más conocida dentro del campo de la administración es la jerarquizaron de necesidades de Maslow. Esta persona vió las necesidades humanas en forma de una jerarquía, que asciende desde el nivel más bajo al mas alto, y llegó a la conclusión de que cuando se satisface un conjunto de necesidades, este tipo de necesidad deja de ser un motivador. Las necesidades humanas básicas en orden ascendente son las siguientes.

- 1.Necesidades fisiológicas
- 2.Necesidades de seguridad
- 3.Necesidades de afiliación y aceptación
- 4.Necesidades de estima
- 5.Necesidad de autorrealización

Dentro del departamento de mantenimiento de alambres, se considera que la mayor parte de las necesidades básicas son satisfechas, por lo tanto hay

otros factores que se cree son importantes debido al tipo de empresa en mención, los cuales son:

3.1.4.1.1 Participación

Se considera que dentro del departamento de mantenimiento es muy importante tomar en cuenta a todo el personal en la toma de decisiones dentro de la planta, esto se llama participación. Esta técnica ha recibido gran apoyo como el resultado de la teoría e investigaciones. No hay duda de que son pocas las personas que no se sienten motivadas si se les consulta en torno a las acciones que les afectan, máxime si se trata en un departamento de mantenimiento donde la mejora continua de los procesos y mecanismos de las máquinas son importantes y valiosas.

La participación, es también una forma de reconocimiento. Tiene que ver en las necesidades de afiliación y aceptación y da al personal un sentido de logro. Dentro del departamento de mantenimiento se realizarán reuniones semanales con el equipo asesor conformado por el personal del departamento.

Se discutirán problemas comunes dentro de las secciones de la planta. Por ejemplo si hay una pieza de una máquina de espigado en la cual ya se haya detectado que es repetitivo el problema, se reunirá el jefe de mantenimiento, el encargado de la sección, el operador de la máquina y los mecánicos especializados. Se tratará de incluir la mayor parte de personas para tener una amplia gama de participación por parte del personal.

3.1.4.1.2 Reconocimiento

El jefe de mantenimiento junto al asistente, deberá inspeccionar todos los trabajos importantes en las secciones y reconocer personalmente un trabajo

bien realizado. Se debe reconocer solamente los trabajos ya hechos o físicos, ahora las ideas nuevas e innovadoras, se deben reconocer en grupo y no a solo una persona. Esto debido a que se corre el riesgo de crear conflictos y celos entre los mismos compañeros si se reconoce una idea a una sola persona. Estos reconocimientos se deben de realizar en las reuniones semanales de la planta y será el jefe de mantenimiento el encargado de hacerlo.

3.1.4.1.3 Dinero

Existen varias teorías referentes al motivador dinero, se han hecho diversos estudios y a continuación cinco teorías sobre el papel del dinero en el desempeño laboral y las cuales se pueden considerar en el departamento:

- 1.El dinero como reforzador: Esta teoría se basa en un enfoque conductista, en donde el dinero se ve como un reforzador condicionado general asociado generalmente a la satisfacción de necesidades básicas.
- 2.El dinero como alivio de ansiedad: Se basa en la teoría que las personas ve el dinero como una forma de disminuir la angustia de no tenerlo.
- 3.El dinero como factor de higiene o prerequisite: El dinero constituye un factor de higiene que produce satisfacción, pero si sirve para evitar la insatisfacción de no tenerlo. Por ejemplo, al pagarle el sueldo a un empleado, le damos las condiciones para trabajar, pero no lo motivamos a realizar su trabajo de mejor manera.
- 4.El dinero como incentivo condicionado: Se considera que cuando se asocia en forma repetida el dinero con incentivos primarios, éste adquiere un valor de incentivo condicionado al asociarlo con otro tipo de incentivos.
- 5.El dinero como instrumento: El dinero adquiere valor como resultado de su

capacidad instrumental para obtener otros resultados, es decir el dinero adquiere valor para la persona en la medida en que éste le sirve para adquirir aspectos como seguridad, prestigio, tranquilidad, etc.

3.1.4.2 Coordinación de tareas

El departamento de mantenimiento está compuesto de tres talleres, por lo tanto la comunicación entre ellos es básica y necesaria. Se debe de crear canales de comunicación ideales para el área.

La comunicación es esencial para el funcionamiento interno debido a que integra funciones administrativas Particularmente, la comunicación es necesaria para:

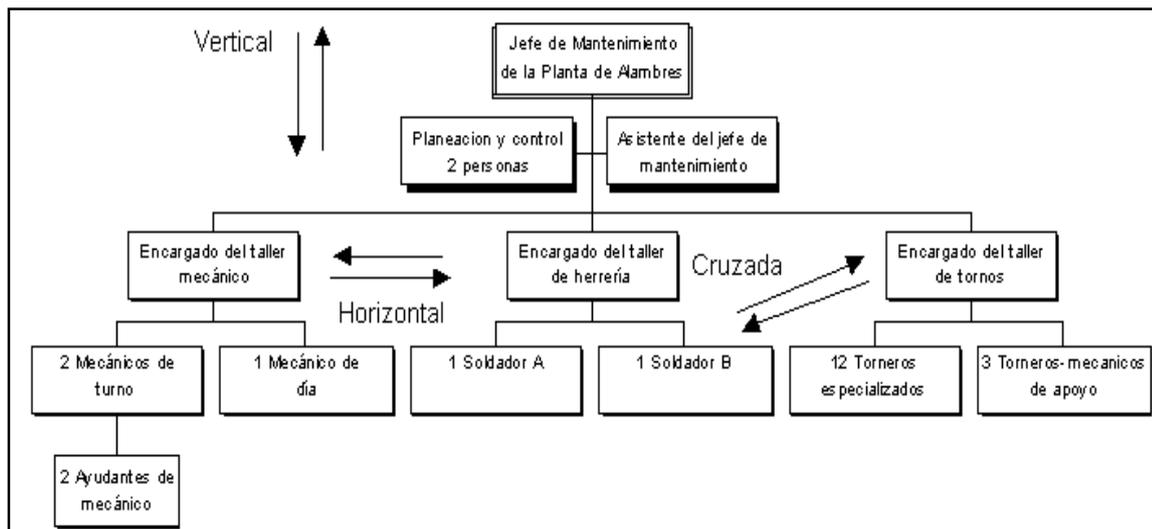
1. Establecer y difundir las metas de una empresa o departamento
2. Desarrollar planes para su consecución
3. Organizar recursos humanos y otros de la manera más eficiente y eficaz
4. Seleccionar, desarrollar y evaluar a los miembros de la organización
5. Dirigir, motivar y crear un clima en que las personas desean contribuir
6. Controlar el desempeño

Existen tres tipos de flujo de comunicación, los cuales son:

- La comunicación hacia abajo
- La comunicación hacia arriba
- La comunicación cruzada

Se tiene que considerar estos tres tipos de comunicación dentro del departamento de mantenimiento para que sea eficiente. En la figura siguiente se puede apreciar:

Figura 11. Tipos de comunicación



En la figura anterior se puede apreciar los tres tipos de flujo de comunicación para que sea eficiente el departamento. Se debe prestar especial cuidado en el flujo cruzado de información, ya que se tiene que respetar la jerarquía del departamento y la autoridad de cada persona.

3.1.4.3 Metas propuestas

Se deben de crear metas acordes a la realidad del departamento para que se puedan cumplir y no solamente se queden en papeles. Las metas propuestas son las siguientes:

- La primera y principal meta anual de mantenimiento es llegar a tener una disponibilidad aceptable de la maquinaria de acuerdo a un parámetro de control preestablecido por el centro de planeación y control. Los rangos de

medición se tendrán que definir en una reunión con la jefatura de la planta.

- Reducir al máximo los accidentes del personal involucrado en el mantenimiento de la planta durante un periodo de un año.
- Encontrar métodos y procedimientos mejores a los actuales cada periodo de tiempo.
- Reducir los tiempos de paros no programados o de avería en la maquinaria de la planta durante un año.

3.1.5 Control

La función importante y vital del control, es la medición y corrección del desempeño a fin de asegurarse de que se cumple con los objetivos de la empresa y los planes diseñados para alcanzarlos. La planeación y el control están estrechamente vinculados. Las técnicas y sistemas de control son en esencia las mismas para el efectivo, los procedimientos de oficina, la moral, la calidad de los productos o cualquier otra cosa. El proceso básico de control, sin importar donde se encuentre ni lo controle, comprende tres pasos.

- 1.Establecimiento de estándares
- 2.Medición del desempeño frente a estos estándares
- 3.Corrección de las variaciones en relación con los estándares y planes

El primer paso es el establecimiento de estándares y por definición son simplemente criterios para el desempeño. Se trata de puntos seleccionados en todo un programa de planeación en los que se realizan mediciones de

desempeño. Existen diversas clases de estándares, entre ellas están las metas u objetivos verificables. Aunque la medición no siempre es factible, la evaluación del desempeño frente a los estándares debe en teoría realizarse con base al futuro para que puedan detectarse las desviaciones antes de que ocurran y se eviten mediante acciones apropiadas. Por último, se debe de corregir de manera adecuada y apegada a la realidad toda desviación a los estándares.

3.1.5.1 Base de datos como ayuda en la recopilación y análisis

Un sistema de computo dentro del departamento es de vital importancia para el funcionamiento del mismo. Se debe de crear una base de datos donde se alimente todo tipo de información que sucede en la sección. Se deben crear informes semanales y mensuales de las actividades realizadas. Todo este tipo de información servirá para el análisis de fallas del equipo.

La base de datos deberá llevar un menú principal con las siguientes opciones:

1. Taller mecánico
2. Taller de herrería
3. Taller de tornos

Además, cada opción de estos, tendrá un submenú el cual será:

Taller mecánico

- Ingreso de actividades diarias
- Paros no programados
- Paros programados



- Informes semanales y mensuales
- Cálculo de costos por trabajo

Taller de herrería

- Tareas pendientes
- Trabajos terminados
- Informes semanales y mensuales
- Cálculo de costos por trabajos

Taller de tornos

- Tareas pendientes
- Trabajos terminados
- Informes semanales y mensuales
- Cálculo de costos por trabajo

En las opción de costos por trabajo, se deberá de trabajar un código por trabajo realizado para realizar el calculo del mismo. El diseño de la base de datos deberá realizarla el personal administrativo del departamento con asesoría de un programador.

Estas opciones servirán de guía para la elaboración de la base de datos, se deberá completar con información extra teniendo en cuenta en no exceder de información para que no se vuelva complicada en su manejo.

3.1.5.2 Medición del desempeño

Para la medición del desempeño, se hace necesario determinar los parámetros de comparación para el nivel de desempeño del departamento. Se

pueden considerar tres tipos de desempeño en un departamento de mantenimiento los cuales son: situación de bajo desempeño, situación de desempeño intermedio, situación de alto desempeño.

3.1.5.2.1 Situación de bajo desempeño

Un escenario de bajo desempeño, está caracterizado por una carga de trabajo con una fracción considerable de tareas de emergencia y la fuerza laboral con muchas horas extras. Cualquier intento de mantenimiento preventivo es ineficaz porque el equipo falla frecuentemente. Para cambiar esta escena, primero se debe analizar y planificar el trabajo. Un grupo de planificación puede ayudar a fijar las guías para determinar que trabajos serán planificados rutinariamente.

Es importante fijar una fecha para la cual se desea implementar el nuevo programa. La implementación de nuevas políticas usualmente toma de 9 a 12 meses, pero es útil fijar fechas intermedias en una base mensual o trimestral para obtener retroalimentación acerca de cómo está desarrollándose el avance del programa.

Cuando se inicia por primera vez un programa de mantenimiento planificado, la mayor parte de los trabajos incluyen tareas correctivas de fallas repetitivas en equipos clave. Por medio de horas extras se tendrá un poco de tiempo disponible para trabajo planificado adicional y labores de mantenimiento preventivo a medida que las tareas de emergencia vayan siendo controladas.

3.1.5.2.2 Situación de desempeño intermedio

En la etapa intermedia, algo de mantenimiento preventivo es efectivo, pero las fallas repetitivas continúan y las tareas de emergencia siguen siendo relativamente altas. Además, el trabajo planificado es interrumpido y la calendarización no es seguida completamente. La utilización de horas extras sigue siendo necesaria para realizar trabajos planificados.

Es posible comenzar a involucrar algunas técnicas predictivas en esta etapa. Las estadísticas tomadas periódicamente pueden indicar la necesidad de una orden de trabajo de mantenimiento preventivo para investigar un problema.

3.1.5.2.3 Situación de alto desempeño

Al encontrarse en una situación de alto desempeño, los tiempos de paro disminuyen a medida que el trabajo planificado reemplaza a las tareas de emergencia. El tiempo de respuesta para las tareas de emergencia mejora.

En esta etapa, el mantenimiento preventivo consiste principalmente de inspecciones planificadas y su seguimiento, y es utilizado para tratar fallas primarias, es decir, fallas que afectan un solo componente. El mantenimiento preventivo y predictivo regular debe reflejarse en que nunca se tiene fallas catastróficas, es decir, aquellas que no solamente destruyen el componente primario sino también las partes que lo rodean.

En esta situación, se pueden desarrollar una serie de indicadores de administración del mantenimiento.

En lugar de darle seguimiento únicamente a los presupuestos y horas extras, se tendrá la capacidad de considerar las eficiencias de la planificación y

de los trabajadores, el desempeño del programa preventivo, los tiempos de paro, los costos de seguridad.

Como resultado del desempeño alto, se pueden reducir los niveles de inventario. Los trabajadores deben estar dedicando aproximadamente el 85% de su tiempo a tareas programadas.

3.1.5.2.4 Parámetros para la medición del desempeño

Se puede medir el desempeño con los siguientes parámetros.

- *El tiempo de capacidad requerida:* Es el tiempo de trabajo requerido por producción para cumplir con la demanda. Por ejemplo, si la producción requiere 5 días/semana con un tiempo muerto de 4 horas/día, entonces:

$$\begin{aligned}\text{Tiempo de capacidad requerida} &= (5 \text{ días/semana}) * (20 \text{ hrs/semana}) \\ &= 100 \text{ hrs/semana}\end{aligned}$$

- *Porcentaje de la capacidad utilizada:*

$$\begin{aligned}\% \text{ de capacidad utilizada} &= \frac{\text{tiempo de capacidad requerida (100 hrs/sem)}}{\text{div tiempo total disponible (168 hrs/sem)}} \\ &= 60 \%\end{aligned}$$

- *Disponibilidad real:* es calculada dividiendo el tiempo real de trabajo y el tiempo de capacidad requerida. Continuando con el ejemplo, si el tiempo real de bajo es de 92 horas, con 8 horas de tiempo muerto, entonces se calcula así:

Disponibilidad real = (92 hrs) div (100 hrs) = 92%

- *Eficiencia de la maquinaria:* la eficiencia de la maquinaria se calcula dividiendo el total de horas trabajadas reales dentro de las horas disponibles a la semana.

Eficiencia de la maquinaria = (horas disponibles-paros no programados)
div Horas disponibles * 100

Para el cálculo de la eficiencia, se puede calcular para cada máquina, o se puede calcular para toda una sola sección. Si es este el caso, entonces las horas se convierten en horas-máquina debido a que en un sección trabajan varias maquinas.

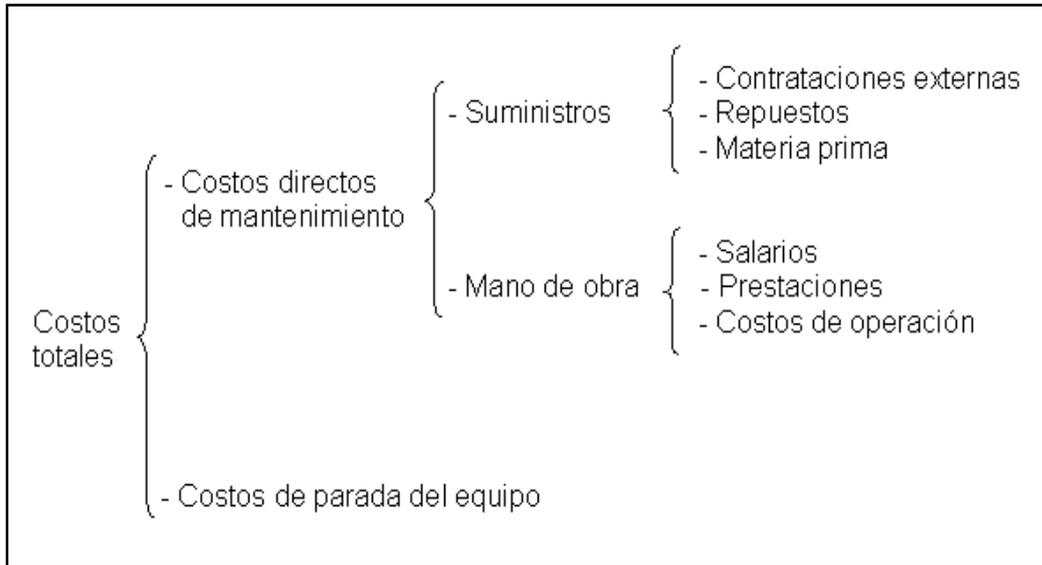
3.1.5.3 Cálculo de costo de mantenimiento del equipo

Un factor muy importante dentro del funcionamiento del departamento es el costo en que se incurre en realizar mantenimiento a la planta.

La cantidad de mantenimiento que se realice en un departamento tiene que ser el óptimo, ya que al haber un exceso de mantenimiento, se elevan los costos de estos y este costo se ve reflejado en los costos totales del producto. En las empresas actuales siempre se busca la disminución de costos.

Para el cálculo de los costos de mantenimiento, se debe conocer todos los factores que influyen en el. El dibujo siguiente muestra la clasificación de los costos totales de mantenimiento:

Figura 12. Costos totales de mantenimiento



3.1.5.3.1 Costos directos de mantenimiento

Se define como el valor de conjuntos de bienes y servicios que se consumen para adelantar una tarea de mantenimiento. Se encuentran conformado por los costos de suministros y los costos de mano de obra.

3.1.5.3.2 Costos de parada del equipo

Los costos de parada del equipo son todos aquellos costos directos que se incurren en el paro de una máquina. Al estar parada una maquina, se deja de fabricar producto, este producto se deja de vender o procesar y las ventas es dinero perdido por el hecho de estar parada una máquina.

Se calcula que un 70% del costo total de mantenimiento pertenece al costo de parada del equipo.

3.1.5.3.3 Costos de suministros

Son todos aquellos costos de los elementos físicos que son imprescindibles durante una tarea de mantenimiento. Resulta conveniente aclarar que todos los suministros no son repuestos ya que suministros es una palabra genérica que incluye tanto a los repuestos específicos como a los repuestos genéricos tales como:

- Lámina de acero
- Perfiles
- Rodamientos
- Tornillos
- Bujes, etc.

3.1.5.3.4 Costos de mano de obra

Los costos de mano de obra se refiere al salario más las prestaciones sociales devengadas por los técnicos del departamento asignado a una labor de mantenimiento. Además, influyen como costos de mano de obra, los costos de operación que son aquellos que no pueden ser clasificados ni como suministros, ni como mano de obra y cuya cuantificación atribuida a una determinada labor de mantenimiento es casi imposible. Por lo tanto, la valorización de estos costos se hace en un periodo particular de tiempo. Son ejemplo de estos los siguientes:

- Energía
- Impuestos sobre inmueble
- Salario de jefe de mantenimiento y personal administrativo

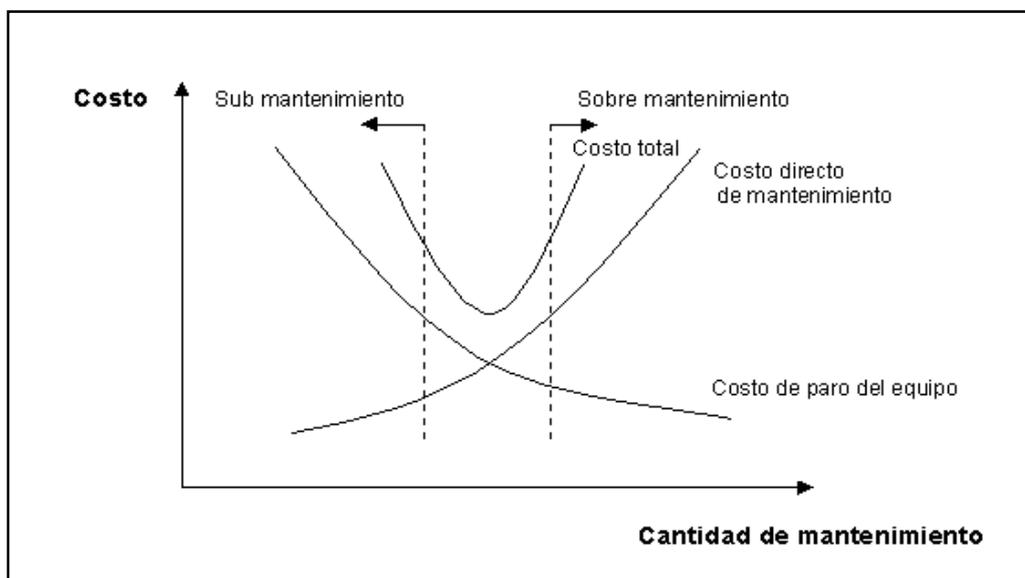
Se incluyen también en estos los elementos solicitados por el taller de

máquinas y herramientas tales como: aceites, buriles, fresas, refrigerantes, brocas, etc.

- El encargado de calcular los costos de mantenimiento mensuales es el jefe de mantenimiento de alambres en conjunto con el asistente y el centro de planeación y control. En la primera semana de cada mes, se deben presentar estos costos con el visto bueno de la jefatura de alambres, ante la gerencia de producción.

La cantidad de mantenimiento esta relacionada directamente con el costo de mantenimiento. En la siguiente gráfica se puede apreciar esta relación:

Figura 13. Costos totales de mantenimiento



Se debe encontrar un nivel óptimo de mantenimiento, el cual es el punto más bajo de la curva del costo total de mantenimiento de la gráfica. Cualquiera que sea los dos casos, ya sea sub o sobre mantenimiento nuestros costos se elevan considerablemente.

3.1.5.3.5 Indicadores de control de costos

Los indicadores de control de costo, nos informan sobre la relación que existe entre los costos de mantenimiento y los diferentes costos de cualquier tipo nos interese comparar. Los siguientes son los indicadores:

a) Nivel de calidad de instalaciones:

$$\frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Valor de las instalaciones}} \times 100$$

b) Indicador de reposición de equipos

$$\frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Costo de reposición}} \times 100$$

c) Nivel de costos de mantenimiento

$$\frac{\text{Costo de mantenimiento} + \text{Costo de paro}}{\text{Costo de mantenimiento}} \times 100$$

d) Nivel de costo de mantenimiento por H x H

$$\frac{\text{Costo de nomina de mantenimiento}}{\text{Costo de nomina de la empresa}} \times 100$$

e) Cumplimiento de presupuesto

$$\frac{\text{Costo real de mantenimiento}}{\text{Costo de nomina presupuestado de la empresa}} \times 100$$

f) Impacto por mantenimiento

$$\frac{\text{Costo de paro}}{\text{Costo de producción}} \times 100$$

Como dato complementario, se considera que en una empresa sus costos están distribuidos aproximadamente en la siguiente forma:

- 45% de costos de operación
- 35% de costos de mantenimiento
- 20% de costos generales

3.1.5.4 Análisis de sus causas, estados y consecuencias de fallas

3.1.5.4.1 Definición de las fallas funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas que se tienen del equipo en consideración. La única posibilidad que puede hacer que el equipo ya no desempeñe de acuerdo al estándar es algún tipo de falla. Esto sugiere que el mantenimiento alcanza sus objetivos únicamente al adoptar un enfoque apropiado dirigido a la administración de fallas. Sin embargo, las herramientas de tal administración se pueden aplicar solo si se identifica que fallas pueden ocurrir. Esto se logra identificando que circunstancias pueden ser catalogadas como un elemento de falla y luego buscando los eventos que pueden llevar el equipo a un estado de falla funcional.

3.1.5.4.2 Determinación de los modos de falla

Los eventos que originan una falla funcional son conocidos como modos de fallas. Los modos de falla incluyen aquellos que han ocurrido en el equipo operando en el mismo contexto, los que están siendo prevenidos por los regímenes de mantenimiento actuales y las fallas que no han ocurrido aun, pero que pueden ser consideradas como posibilidades reales.

Las listas más tradicionales incluyen las fallas ocasionadas por desgaste o deterioro normal, pero deben también incluir aquellas ocasionadas por errores humanos y diseños inadecuados.

3.1.5.4.3 Análisis de problemas mas comunes dentro del departamento

Existen varias formas de analizar las causas de las fallas funcionales dentro del departamento. Una ayuda indispensable es el historial de la maquinaria, el centro de planeación y control del departamento será el encargado de recopilar la información cuando se requiera.

Para los problemas de grandes envergaduras, se deberán realizar juntas o sesiones cada cierto periodo de tiempo con el personal más capacitado y de mayor experiencia de la planta. Se escogerá un lugar indicado para las reuniones de urgencia. Un ejemplo pueda ser el siguiente: se ha notado que la pieza de embrague de la máquina de corte y enderezado de alambres llamada comúnmente chaveta, se ha estado quebrando muy seguido en las últimas semanas. El jefe de mantenimiento convoca a una sesión, el cual estará integrada por el encargado de mantenimiento, el mecánico de mayor experiencia en la sección, y al operador de la máquina.

El jefe de mantenimiento será el encargado de coordinar la reunión y podrán tener varias herramientas para resolver el problema presentado.

3.1.5.4.4 Junta de lluvia de ideas

La lluvia de ideas, consiste en reunirse un grupo, para buscar soluciones a un problema, es más efectiva en la medida en que se prepare el grupo con anticipación y profesionalismo. Lo que se espera de este tipo de juntas es obtener opiniones diferentes para encontrar nuevas soluciones, aunque no parezcan posibles de realizar.

Este tipo de junta es necesario hacerla cuando se tiene que resolver algún problema de importancia y existen diferentes opiniones al respecto, por lo que es necesario opiniones abiertas de compañeros conocedores de la problemática, en una forma tal que las ideas fluyan sin reserva alguna.

Básicamente consiste realizar un listado de todas las ideas de cada uno de los participantes del grupo. Luego, en conjunto se van eliminando las menos posible de realizar hasta llegar a tener unas pocas ideas y de ellas saldrá la más óptima y la mejor indicada.

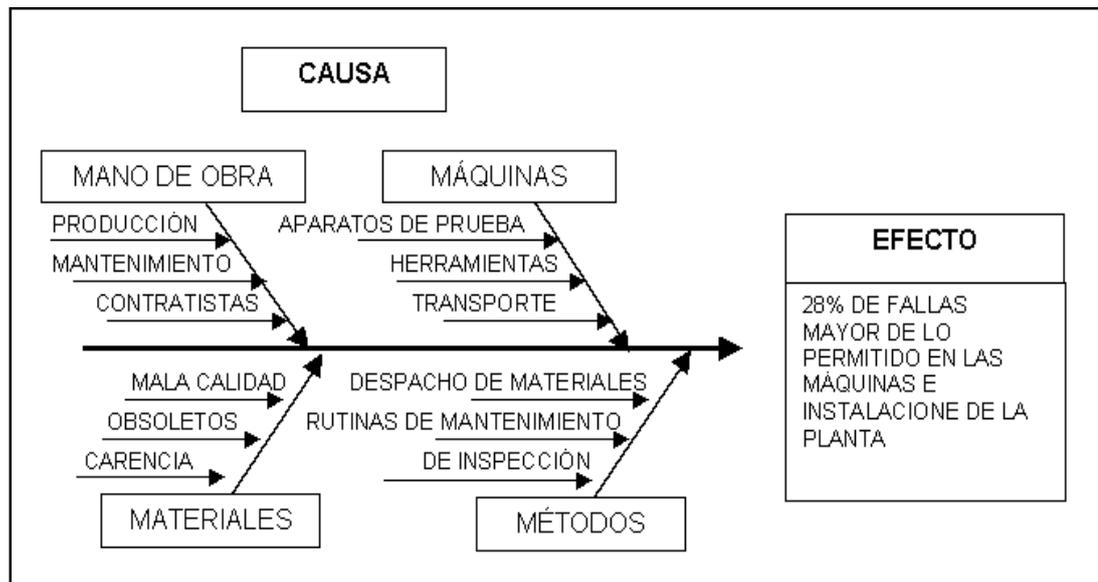
3.1.5.4.5 Diagrama de causa y efecto

Normalmente, cuando estamos frente de un problema nos enfocamos en el resultado de los eventos, es decir, estamos analizando un efecto ocasionado por varias causas. Este diagrama ayuda a visualizar gráficamente todas las causas posibles que pueda ocasionar un efecto, se le llama **diagrama ishikawa**, **causa-efecto** o **espina de pescado**.

Este nombre se da debido a que la grafica asemeja a un esqueleto de pescado y cada espina puede significar un o mas causas, fue desarrollada por el japonés Kaoru Ishikawa y es una herramienta de una junta de lluvia de ideas.

El centro de planeación y control ha notado durante la finalización de un año laboral, que aumentó en un 28% las fallas de lo permitido en las maquinas e instalación de la planta. Dentro de la junta de ideas se determino las posibles razones que pudieron haber causado este aumento y visualizarlo de una mejor manera se realiza el diagrama de causa y efecto en la siguiente figura:

Figura 14. Ejemplo de un diagrama de causa y efecto



Este ejemplo sintetiza las causas mas probables del problema, pero en la realidad existen un número elevado de factores que puedan estar causando el efecto.

Para el análisis de un problema, en la segunda reunión del grupo encargado de resolver el problema, se puede preparar la información en un diagrama de causa y efecto y realizar una copia para cada integrante del grupo para que en conjunto se determine la causa principal del problema.

3.2 Actividades propuestas para el mantenimiento preventivo

Existen ciertas actividades vitales e importantes dentro de un programa de mantenimiento preventivo eficiente y es por ello que se ha dejado un inciso específico para estas actividades.

3.2.1 Codificación de maquinaria

Todo programa de mantenimiento debe de empezar, si no lo existiera, con un buen sistema de codificación de maquinaria de la planta. Esto ayuda a llevar un mejor control de todas las actividades del departamento. La codificación de maquinaria deberá de simplificar el trabajo de papeleo dentro del departamento. Por ejemplo, cuatro letras es mas fácil de encontrar en un archivo, ya sea de cómputo o físico, que por el nombre completo de la máquina.

El sistema de codificación tiene que ser sencillo y entendible para el personal que compone el departamento. Cada persona que compone los tres talleres deberá de estar familiarizado con la codificación de maquinaria.

Existe un sistema de codificación que consta de varios números, donde cada par de número tiene un significado.

El sistema de codificación anterior es bastante complicado y largo, por lo cual se propone utilizar un sistema alfanumérico más sencillo para la codificación de las maquinas de la planta. Este consta de separar el código de la sección y el número de la maquinaria. Para los códigos de cada sección se tendrán dos letras para identificar cada máquina:

TR = Trefilación

GA = Galvanización

ES = Espigado

CE = Corte y enderezado de alambón

AM = Amarre

CM = Clavo de madera

CL = Clavo de lamina

PM = Pulidora de clavo de madera

PL = Pulidora de clavo de lámina

Luego se coloca el número de máquina después de las dos letras dependiendo del número correlativo de máquina sea. Por ejemplo la máquina de trefilación quedaría de esta manera: TR01.

Además, existen equipos, tales como compresores, torres de enfriamiento, etc, que forman parte de una sección. A estos equipos se les agrega dos letras adicionales representativo, en vez de números. Por ejemplo el código de la torre de enfriamiento de la sección de trefilación sería: TRTE.

Cabe mencionar que en la sección de galvanizado es una línea el cual esta compuesto de varios elementos y cada elemento tiene su letra de identificación. Por ejemplo el horno de recocido queda de la siguiente manera: GA01-A.

Esta codificación es solamente la maquinaria principal de la planta. Hay que tomar en cuenta que cada máquina o equipo se compone de elementos que tienen que ser codificados. Cada pieza de la máquina o equipo tomará un número y el componente se designara otro número de dos dígitos. Por ejemplo, el acople del motor principal con el eje de la máquina No 2 será: TR 02 301

TR	Trefilación
2	Máquina No 2
3	Tren motriz
01	Acople del motor principal

Se debe considerar rotular toda la maquinaria con su respectivo código en un lugar plenamente visible para que cualquier persona pueda observar el código e identificarla en el instante.

Se ha codificado todo el equipo de la planta de clavo y alambres, en la tabla X se puede visualizar. Algo muy importante es el seguimiento de la codificación del equipo de la planta por pieza. Se debe de realizar lo mas específico posible para el mejor control.

Tabla IX. Codificación de la maquinaria o equipo de la planta.

SECCION	F.º	COLEGO	DESCRIPCION	SECCION	F.º	COLEGO	DESCRIPCION
TRONQUEO	1	TRD1	Tronqueadora 1	MADERA	00	MAD1	Horno 1
	2	TRD2	Tronqueadora 2		05	MAD2	Horno 2
	J	TRD=	Tronqueadora =		06	MADJ	Horno J
	0	TRD0	Tronqueadora 0		07	MAD=	Horno =
	5	TRD5	Tronqueadora 5	CLASIFICACION	08	CLD1	Clasificador Landa 1
	6	TRD6	Tronqueadora 6		09	CLD2	Clasificador Landa 2
	7	TRD7	Tronqueadora 7		LIMPIA	06	PLD1
	8	TRD8	Tronqueadora 8	01		PDI1	Pulverizador Clasificador Landa
	9	TRD9	Tronqueadora 9	02	TDD1	Tronqueadora 1	
	10	TRD0	Tronqueadora 10	03	TDD2	Tronqueadora 2	
11	TRD1	Tronqueadora 11	04	PPD1	Pulverizador Landa 1		
12	TRD2	Tronqueadora 12	05	PPD2	Pulverizador Landa 2		
13	TRD3	Tronqueadora 13	06	TOCP	Compresor de troncos		
GALVANIZACION	11	GAD1	Línea de galvanización de alambres	CORTE Y	07	CRD1	Corte y Ensamblaje de alambres 1
		GAD1A	Decoraciones de alambre		DESCRIZION	08	CRD2
		GAD1B	Horno de Recocido	09		CRDJ	Corte y Ensamblaje de alambres J
		GAD1C	Tarima de enfriamiento	06	CRD=	Corte y Ensamblaje de alambres =	
		GAD1D	Canales de aceite de alambre				
		GAD1E	Tarima de aceite de alambre				
		GAD1F	Tarima de aluminio de alambre				
		GAD1G	Canales de galvanización de alambre				
		GAD1H	Horno de Zinc				
		GAD1I	Embobilladora #1				
		GAD1J	Embobilladora #2				
		GAD1K	Sistema de enfriamiento de alambre				
		GAD1L	Equipo de combustible barbero				
		GAD1M	Equipo de combustible alambres				
	CARGA	12	BSD1	Empujador 1			
13		BSD2	Empujador 2				
14		BSDJ	Empujador J				
15		BSD=	Empujador =				
16		BSD5	Empujador 5				
17		BSD6	Empujador 6				
18		BSD7	Empujador 7				
19		BSD8	Empujador 8				
20		BSD9	Empujador 9				
21		BSD0	Empujador 10				
22		BSD1	Empujador 11				
23		BSD2	Empujador 12				
24		BSDJ	Empujador J				
25		BSD=	Empujador =				
26		BSD5	Empujador 15				
CLASIFICACION	27	CWD1	Clasificador Hueras 1				
	28	CWD2	Clasificador Hueras 2				
	29	CWDJ	Clasificador Hueras J				
	30	CWD=	Clasificador Hueras =				
	31	CWD5	Clasificador Hueras 5				
	32	CWD6	Clasificador Hueras 6				
	33	CWD7	Clasificador Hueras 7				
	34	CWD8	Clasificador Hueras 8				
	35	CWD9	Clasificador Hueras 9				
	36	CWD0	Clasificador Hueras 10				
	37	CWD1	Clasificador Hueras 11				
	38	CWD2	Clasificador Hueras 12				
	39	PWD1	Pulverizador 1				
	40	PWD2	Pulverizador 2				
	41	PWDJ	Pulverizador J				
42	PWD=	Pulverizador =					
43	CWCP	Compresor de clasificadores Hueras					

3.2.2 Inspecciones o revisiones preventivas

Otra parte importante en un programa de mantenimiento preventivo son las inspecciones o revisiones, ya que de ellas saldrán las actividades programadas por realizar en cada sección de la planta. Se debe de crear un plan de inspección tanto semanal, mensual, semestral y anual. El encargado del diseño y mejoramiento del plan ya existente, son las dos personas del centro de planeación y control. El plan incluirá también al encargado que deber pasar la inspección a la sección.

- El jefe de mantenimiento de alambres será el encargado de determinar quien será el inspector de mantenimiento. Se designara a la persona cada semana un día antes de realizar la inspección.

El procedimiento general de inspección a nivel *staff* es el siguiente:

- El inspector visitará periódicamente y de acuerdo con un programa, las oficinas y lugares de trabajo del personal de cada identidad (mecánica, eléctrica, electrónica, etc.) inspeccionando los puntos de control, previamente escogidos y anotados en su programa de inspecciones.
- Las anomalías encontradas deben ser corregidas de inmediato por el propio personal de mantenimiento, pero, por si esto no es posible, el inspector levantará una nota de inspección describiendo el problema encontrado, el porqué del mismo y recomendará su solución y la entregará al personal de mantenimiento. De esta forma seguirá operando el inspector, hasta completar su ciclo de visitas, al final del cual será recibido por el jefe del departamento, al fin enterarlo de su labor y comentar con el las notas de

inspección levantadas, posteriormente vigilara que se cumpla lo ordenado en estas notas.

No se debe de descuidar por ningún motivo las actividades de inspección ya que en ellas se anotan todas las actividades pendientes de la planta.

Los formatos que se utilizan en la inspección son los siguientes:

- Programa anual de visitas de inspección
- Programa mensual de visitas de inspección
- Programa de inspección
- Notas de inspección
- Control de notas de inspección

Los formatos para las secciones de galvanización, espigado y corte y enderezado de alambón se podrán apreciar mejor en el apéndice 2, 3 y 4 respectivamente.

3.2.3 Lubricación y limpieza

3.2.3.1 Lubricación

Los lubricantes son usados en primera instancia, para reducir la fricción y el desgaste. Ellos podrán ser sólidos (grafito), semi-sólidos (grasas), líquidos (aceite) y gaseoso (aire), pero los líquidos son los más importantes en este tipo de industria. En la mayoría de los casos, las grasas funcionan como suplidores de aceite a los cojinetes a ser lubricados.

Existen tres tipos de lubricación: lubricación hidrodinámica, lubricación capa limite, y lubricación elasto-hidrodinámica.

La lubricación hidrodinámica se da cuando las condiciones son favorables para que se establezca una cuña de aceite entre dos superficies lisas sometidas bajo carga, la cuña de aceite soportará la carga y mantendrá separadas las partes en movimiento. Este tipo de lubricación es la ideal pero no siempre funciona de esta manera.

La lubricación capa límite se da cuando predomina el contacto de metal con metal. Esta es la característica de los equipos en el arranque o paro, pero la influencia en el desgaste total será muy pequeña debido a que el tiempo de operación en estas circunstancias es corto. Existen dos factores que pueden cambiar la lubricación de hidrodinámica a capa límite: decremento de la viscosidad del aceite (derivado de la alta temperatura), e incremento de carga como las cargas de impacto.

Experimentos han demostrado que entre dos superficies convexas deslizantes con alta presión de contacto, el metal se deforma elásticamente para hacer espacio para la película de aceite y es aquí donde aparece la lubricación elasto-hidrodinámica.

La maquinaria de la planta de clavo y alambre está sujeta a contacto de metal con metal debido a que son basados en mecanismos. Un buen programa de mantenimiento es vital para la vida útil de las piezas y de las máquinas. En la siguiente tabla, se dará un ejemplo de cómo deberá realizarse un plan de lubricación en la planta, se le debe dar seguimiento al plan de lubricación para las demás secciones ya que es imposible presentar todas las tablas de todas las secciones y máquinas de la planta.

Se empleará una simbología de letras para determinar el espacio de tiempo que deba realizarse la lubricación. Cada letra tiene un significado el cual es:

1T	turno
1D	1 día
2D	2 días
3D	3 días
1S	semanal
2S	quincenal
1M	mensual
3M	trimestral
1A	anual
2A	cada dos años
SR	según requerimiento

El programa de lubricación para las maquinas TR01 y CM01 se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla X. Ejemplo de un programa de lubricación

Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
1. TREFILADORA No. 1							
1.1 Decapado mecánico	TR 01 101	Rodillos	IS				Alvania EP2
	TR 01 100	Rodillos en cap	IS				Alvania EP2
1.2 Tren matriz	TR 01 201	Motor	OM				Alvania EP2
	TR 01 205	Reductor			OM	SR	Omala 220
	TR 01 209	Engranajes cónicos helicoidales			OM	SR	Omala 150
1.3 Bobina	TR 01 301	Palkes superiores	IS				Alvania EP2
	TR 01 302	Palkes quíes	IS				Alvania EP2
1.6 Dead Black	TR 01 601	Motor de corriente directa	IS				Alvania EP0
	TR 01 606	Cajineta	IS				Alvania EP2
	TR 01 607	Caja reductora				1A	Alvania EP2
	TR 01 609	Rodillos	IS				Alvania EP2
	TR 01 610	Motaventilador # 1	IS				Alvania EP2
	TR 01 611	Motaventilador # 2	IS				Alvania EP2
1.7 Palipasta	TR 01 701	Motoreductor				1A	Omala 150
2. CLAVO DE MADERA No. 1							
2.1 Motor	CM 01 101	Motor	IS				Alvania EP2
2.2 Arbol cigüeñal	CM 01 204	Chumaceras	1D				Alvania EP2
	CM 01 205	Engranaje cónico derecho	1T				Omala 150
	CM 01 206	Engranaje cónico izquierdo	1T				Omala 150
	CM 01 207	Cigüeñal	1D				Alvania EP2
	2.3 Arbol lateral derecho	CM 01 301	Chumaceras	1D			Alvania EP2
CM 01 304	Engranaje cónico	1T				Omala 150	
2.4 Arbol lateral izquierdo	CM 01 401	Chumaceras	1D				Alvania EP2
	CM 01 404	Engranaje cónico	1T				Omala 150
2.5 Biela	CM 01 501	Buje de bronce	1D				Alvania EP2
3. PULIDORA DE CLAVO DE MADERA No. 1							
3.1 Tren matriz	PM 01 101	Motor	IS				Alvania EP2
	PM 01 102	Reductor				1A	Omala 150
	PM 01 106	Chumacera de eje transmisor	1D				Alvania EP2
	PM 01 107	Engranajes rectos	1D				Omala 150
	PM 01 109	Chumacera de eje receptor	1D				Alvania EP2
3.2 Sacudidoras	PM 01 201	Motor	IS				Alvania EP2
	PM 01 202	Chumacera	1D				Alvania EP2

3.2.3.2 Limpieza

Dentro de los días planificados semanalmente para el mantenimiento, se debe de incluir una actividad muy importante como lo es la limpieza. La limpieza de la máquina ayuda a detectar mas fácilmente alguna falla en la máquina. Ayuda a visualizar alguna fuga de aceite o de agua en cualquier equipo. Además, contribuye a mejorar la seguridad industrial dentro de la planta, ya que el personal trabaja en un área fuera de riesgo de accidente.

3.2.4 Paros programados

En un departamento de mantenimiento clasificado de alto desempeño, como se explicó en un inciso anterior, gran parte de las actividades son programadas. El centro de planeación y control llega a tener una función muy importante dentro del departamento. Las actividades correctivas pasan a segundo plano, se ejecutan cuando en realidad es necesario.

Debido a ello es necesario realizar un procedimiento para los paros programados de la planta.

- 1.El inspector de mantenimiento, asignado por el jefe del departamento, revisará detalladamente la sección, anotará las actividades por realizar debido a una inspección ocular. Además, algo muy importante, le preguntará al operador de la máquina alguna falla, desajuste o desgaste de alguna pieza vital dentro de la maquinaria para su perfecto funcionamiento.
2. El inspector entregará la hoja de inspección con toda la información a los encargados del centro de planeación y control del departamento y serán ellos los encargados de analizar y planificar las actividades.

3.El centro de planeación y control determinará con el visto bueno del jefe de mantenimiento cuando se podrán realizar las actividades. Las labores de mayor tamaño, como por ejemplo la reparación general de una máquina, deberá ser estudiado por el personal competente del departamento para tomar en cuenta todos los detalles del paro. Los detalles que hay que tomar en cuenta en un paro programado son los siguientes:

- Personal disponible para la mano de obra del trabajo
- Repuestos y materiales necesarios para el paro, coordinar con el departamento de compras la adquisición de estos
- Coordinación con los talleres de herrería y de tornos para la fabricación de alguna pieza vital
- Fabricar piezas con anticipación
- Determinar el tiempo aproximado del paro de la máquina en conjunto con los tres encargados de cada taller del departamento

4.En conjunto con la jefatura de planta, se determina la fecha óptima de paro, para afectar al mínimo la producción.

5.Se realiza la papelería de paro, la firma del jefe de mantenimiento y el jefe de planta de clavo y alambre para el visto bueno. Esta papelería incluye todas las órdenes de trabajo para cada encargado de taller del departamento. El formato para la orden de trabajo en el taller mecánico será el siguiente:

6.Durante la ejecución del trabajo de mantenimiento, el asistente y el jefe de mantenimiento inspeccionaran los trabajos para que se ejecute dentro del tiempo estipulado para el paro.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

7. Por último, cuando se haya terminado el trabajo, se obtendrá toda la información real de paro y se comparará con lo planificado, esto se llama retroalimentación. El centro de planeación y control será el encargado de analizar esta información y realizara un reporte del paro.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

4. CONTROL DE INVENTARIOS DE REPUESTOS Y MATERIALES

La bodega de repuestos y materiales de un departamento de mantenimiento de cualquier empresa, juega un papel muy importante dentro del proceso administrativo del mantenimiento. Todos los materiales o repuestos necesarios para un paro programado se deben de encontrar en existencia en la bodega para que no haya un retraso que se puede haber evitado. Además se debe tener el cuidado especial de tener repuestos y materiales que no se utilicen, o que permanezcan en la bodega por un periodo largo de tiempo, elevando así los costos de almacenamiento del departamento de mantenimiento.

4.1 Clasificación de los componentes de la bodega del taller

Como se menciona en el capítulo 2, todos los componentes del taller se encuentran ubicados en una sola bodega, y debido a su reducido espacio, se hace imposible llevar un buen control de los elementos que la integran. Para ello se recomienda lo siguiente:

Clasificar los elementos de la bodega del taller mecánico de la planta, de la siguiente manera:

- Una bodega para herramienta
- Una bodega de repuestos y rodamientos
- Una bodega de materiales

4.1.1 Lugar físico de las bodegas

Dentro del taller mecánico, la bodega que se deberá de construir, tendrá que ser la de herramienta y cojinetes, ya que la que existe actualmente, se puede utilizar para la bodega de repuestos para la de materiales, se deberán de fabricar estantes para colocar los materiales.

4.1.2 Bodega de herramienta

En ella se guardarán las herramientas necesarias para el taller mecánico, son las siguientes:

- Juego de llave de copas
- Juego de tarrajas
- Llaves de corona y de cola en medidas milimétricas y pulgadas
- Llaves allen
- Llaves ajustables
- Alicates
- Llave para tubo
- Martillos
- Desarmadores
- Vicesgrip
- Pinzas
- Barreno
- Grimer
- Pulidora
- Machuelos
- Brocas
- Vernier

- Cinta métrica
- Limas y limatones
- Sierras

Las herramientas deberán estar a la mano de cualquier persona, se mantendrá con llave la bodega, y solamente el encargado del taller tendrá la llave para el acceso a ella.

En la planta de alambres, el taller mecánico posee herramientas, hay veces que se prestan a otras secciones de la empresa. Estas herramientas están inventariadas por lo que se hace imposible que se pierda alguna de ellas. Para llevar un mejor control de las herramientas que se prestan, se deberá de llenar una hoja de préstamo el cual se firmará de aceptado el compromiso de préstamo. El formato para dicha hoja es el siguiente:

Figura 14. Formato de hoja para el préstamo de herramienta

PLANTA DE CLAVO Y ALAMBRE		No. de correlativo	
Departamento de mantenimiento		No. 12365	
Hoja de prestamo de herramienta			
Yo, _____ trabajador de la seccion: _____			
me comprometo a devolver la herramienta prestada en fecha: _____			
El detalle de la herramienta prestada es el siguiente:			
No.	CANTIDAD	DESCRIPCION	
<i>Original (B): Responsable Duplicado (A): Encargado</i>			
Encargado del taller		Firma responsable	

4.1.3 Bodega de repuestos y rodamientos

4.1.3.1 Repuestos

Para la bodega de repuestos, se usará la ya existente en el taller, no habrá necesidad de fabricar alguna bodega nueva. Se rotularán las áreas de la bodega clasificando los repuestos por sección. En cada sección de repuestos deberá ir el nombre de cada uno y si es necesario, se podrán usar colores para identificar cada sección.

En ellas se guardarán

Trefilación

- ✓ Rodillos tensores de alambre
- ✓ Rodillos guía de alambre
- ✓ Poleas guía
- ✓ Bobinas rectificadas
- ✓ Rodillos decapadores
- ✓ Mangueras para enfriamiento, diferentes medidas
- ✓ Tubería de cobre
- ✓ Mangueras milimétricas para lubricación
- ✓ Fajas

Galvanización

- ✓ Manómetros para combustible
- ✓ Filtros para combustible
- ✓ Reguladores para combustible
- ✓ Quemadores
- ✓ Válvulas de compuerta y de acción rápida

- ✓Fajas
- ✓Acoplamiento de motores de bombas de enfriamiento
- ✓Rodillos de plástico
- ✓Rodillos de acero inoxidable
- ✓Sellos de cilindros hidráulicos del horno de zinc

Espigado

- ✓Cuchillas de corte de alambre espigado
- ✓Cuchillas guía de alambre espigado
- ✓Entorchadores de maquina IOWA y Moto
- ✓Engranajes cónicos y rectos
- ✓Guías de alambre
- ✓Rodillos de alimentación de alambre
- ✓Fajas
- ✓Poleas
- ✓Tornillos sinfín
- ✓Cremalleras
- ✓Medias lunas

Clavo

- ✓Cuchillas de corte
- ✓Matrices
- ✓Correderas
- ✓Bujes de bronce
- ✓Engranajes cónicos
- ✓Buriles
- ✓Tornillos hexagonales y allen
- ✓Espárragos
- ✓Mangueras para lubricación

✓Pines de acero

✓Fajas

Corte y enderezado de alambrón

✓Chavetas, cuñas especiales

✓Enderezadores

✓Varilla transportadora

✓Soportes de pies de cojinetes

✓Engranaje rectos

✓Corona y piñón de bronce

✓Fajas

Amarre

✓Resistencias eléctricas

✓Anillos de hule para hermetizar olla

✓Sellos de cilindro hidráulico

4.1.3.2 Rodamientos

Se deberá clasificar por sección cada cojinete dentro de la bodega. Además de la clasificación por sección, se deberá clasificar por componente de la máquina.

Por ejemplo en la sección de trefilación, se deberá clasificar de la siguiente manera:

- Cojinetes del eje de transmisión.
- Cojinetes de bobinas
- Cojinetes del dead block
 - Caja reductora
 - Eje principal

- Cojinetes del reductor del motor principal
- Cojinetes del reductor principal

Se tendrá que construir una bodega de aproximadamente 2 metros de alto, por 3.5 metros de largo y 3.5 metros de profundidad. Lámina negra, es una opción de material para la construcción de dicha bodega. Además, se deberá fabricar estanterías para la colocación de los cojinetes clasificados. Cada clasificación, ya sea por sección o componente, deberá ser identificada con un rotulo visible.

4.1.4Bodega de materiales

Para esta bodega, se guardarán todos los materiales necesarios para el mantenimiento o fabricación de piezas de maquinaria, como también la fabricación de alguna máquina nueva. No habrá necesidad de fabricar alguna bodega, con pedestales bien distribuidos será suficiente.

Los materiales son los siguientes:

- ✓Lamina negra de diferente medida de grosor
- ✓Tubo negro
- ✓Tubo galvanizado
- ✓Tubo PVC
- ✓Perfiles (hembras, angulares, tes, etc)
- ✓Cold Rolled
- ✓Acero especial K
- ✓Acero especial K-100
- ✓Acero VCN

4.2 Determinación de repuestos y materiales más importantes por sección

En los modelos de inventarios más comunes, los cálculos realizados son para un producto o elemento, es por ello que se escogerá un repuesto o material por sección para encontrar las variables más importantes. El producto escogido por sección será el que más problemas da por sección.

En la tabla siguiente se encuentra resumido los repuestos o materiales que se determino por sección.

Tabla XI. Repuesto o material para el cálculo de variables por sección

SECCIÓN	REPUESTO O MATERIAL	DESCRIPCIÓN
Trefilación	Dados	Pieza que reduce el diámetro al alambre
Espigado	Cuchillas guía	Sirve de guía al alambre, a la vez corta el alambre
Clavo	Cuchillas de corte	Corta el clavo de madera y de lamina
Corte y Enderezado	Chavetas	Pieza que sirve para el embrague rápido
Amarre	Sellos hidráulicos	Sellan el cilindro hidráulico de levante de la olla
Galvanización	Manerales	Enrolla los rollos de alambre en las embobinadoras

4.3 Determinación del modelo óptimo para el caso

Se ha determinado que para el caso del calculo de variables de interés en la bodega de repuesto y materiales se utilizara el modelo de inventarios de cantidad de pedidos económicos (EOQ). Las formulas y algunas otras definiciones a utilizar son las siguientes:

4.3.1 Costo de compra (C)

Es el costo directo por unidad, es lo que cuesta cada unidad en el mercado.

4.3.2 Costo de pedidos (K)

El costo por colocar un pedido para reabastecer los inventarios y es independiente el numero de unidades.

4.3.3 Costo de conservación (H)

Este un costo por periodo de tiempo por cada articulo en inventario, es una fracción del costo de compra, y esta denotado por:

$$H = i \times C$$

donde i = tasa de transferencia que es la suma de las fracciones usadas en el calculo de los costos de almacenamiento y oportunidad.

4.3.4 Costo anual total (Ct)

Para el cálculo de un análisis económico, se determina el costo anual total para diferentes cantidades de pedidos económicos, sumando tres costos:

$$\{\text{Costo anual total}\} = \{\text{Costos de pedidos anual}\} + \{\text{costo de compra anual}\} \\ + \{\text{Costa de conservación anual}\}$$

entonces la fórmula quedará de la siguiente manera

$$Ct = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$$

4.3.5 Política de reorden (Pr)

Promedio de los datos históricos de tiempo, que se toma el proveedor de entregar un pedido:

$$P_r = \frac{\text{Tiempo por pedido}}{\text{No de pedidos}}$$

4.3.6 Política de stock mínimo (Psm)

Es la diferencia que existe a la duración mas tardía en la entrega y la política de reorden.

$$P_{sm} = \text{Tiempo mas tardío} - P_r$$

4.3.7 Nivel de reorden (Nr)

Es la cantidad de existencia de inventario que da la pauta de que se haga la requisición u orden de compra para que lleve a tiempo el nuevo pedido.

$$N.R. = D \times P_r$$

4.3.8 Stock Minimo (Sm)

Es la cantidad mínima de inventario que se debe de tener en existencia, al momento que se espera el nuevo pedido.

$$S_{min} = D \times P_{sm}$$

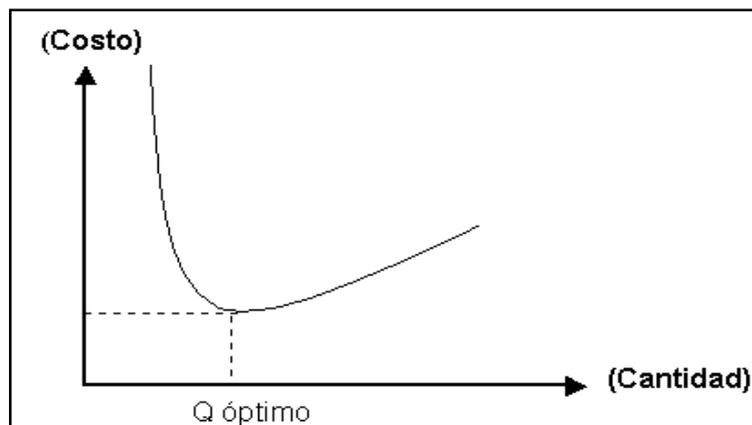
4.3.9 Cantidad óptima de pedidos(Q*)

Es la cantidad a ordenar en un modelo de cantidad de pedido económico que logre el costo total mínimo.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times D \times K}{H}}$$

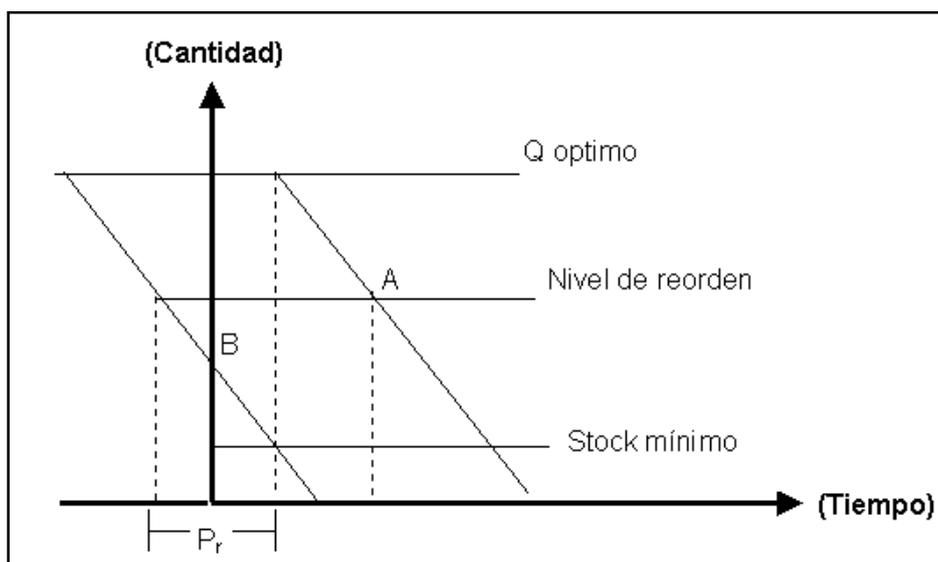
La siguiente gráfica (costo vrs. cantidad) ilustra la cantidad de pedido económico,

Figura 15. Cantidad óptima de pedidos



Para el cálculo de las variables definidas anteriormente, se saca una gráfica en la cual se puede visualizar el inventario en el tiempo, luego de haber calculado el cantidad económica de pedidos, el nivel de reorden, el *stock* mínimo, el tiempo entre cada pedido, etc. La figura 15 nos muestra esta gráfica.

Figura 16. Comportamiento del inventario en el tiempo



El punto B significa la existencia inicial de la planificación, mientras que el punto significa el tiempo que se debe realizar el siguiente pedido.

4.4 Cálculo de variables importantes para el control de inventarios

Se realizar los cálculos por los repuestos y materiales escogidos por sección:

4.4.1 Trefilación: Datos de trefilar

Demanda (D) = 195 dados/mensual = 195 x 12 = 2340 dados / año

Costo de compra (C) = \$2.4 = Q19.2

Tasa de transferencia por periodo (i) = 8% anual, es la tasa interés anual aproximada que generaría el dinero en una cuenta en un banco de Guatemala

Costo de conservación (H) = 0.08 x 19.2 = Q 1.54

Costo por pedido (K) = Q100

Política de reorden (Pr) = 2 meses = 2/12 = 1/6 de año

a) Cantidad óptima de pedidos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 2340 \times 100}{1.54}} = 551.27 = 551, \text{ debido a que no se puede pedir fracciones de dados}$$

b) Tiempo entre cada pedido en un año (L):

pedidos al año = 2340 / 551 = 4.25 veces al año

L = 12 / 4.25 = 2.82 meses

c) Nivel de reorden (Nr):

Nr = 2340 x (1/6) = 390 dados

d) Stock mínimo (S_m):

$$S_m = 2340 \times (1/12) = 195 \text{ dados}$$

e) Costo total anual (C_t):

$$C_t = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$$

$$C_t = (100 \times 4.25) + (19.2 \times 551) + (19.2 \times 0.08 \times 275.5)$$

$$C_t = Q 11,427.37$$

4.4.2 Espigado: Cuchilla guía

Demanda (D) = 2 cuchillas/semana = $2 \times 52 = 104$ cuchillas / año

Tasa de transferencia por periodo (i) = 8% anual

Costo por pedido (K) = Q75

Política de reorden (Pr) = 1 mes = 1/12 de año

Costo de compra (C) :

Material : Platina de especial K de 16 x 16 mm, con un costo de Q101.11/mt

1 guía cuchilla mide 160 mm, pero lleva una arriba y otra abajo, entonces se lleva 320 mm.

Cantidad de cuchillas/metro = $1000 / 320 = 3.125$ cuchilla/metro

Costo del material = $Q101.11 / 3.125 = Q32.36$ / cuchilla

Otros: Se calcula un 40% mas, para mano de obra de tornos y energía eléctrica

$$C = Q 32.36 \times 1.4 = Q 45.30$$

Costo de conservación (H) = $0.08 \times 45.3 = Q 3.62$

a) Cantidad optima de pedidos:



$$Q^* = \frac{2 \times 104 \times 75}{3.62} = 65.61 = 66, \text{ debido a que no se puede pedir fracciones de cuchillas}$$

b) Tiempo entre cada pedido en un año (L):

$$\text{pedidos al año} = 104 / 66 = 1.575 \text{ veces al año}$$

$$L = 12 / 1.58 = 7.59 \text{ meses}$$

c) Nivel de reorden (Nr):

$$Nr = 104 \times (1/12) = 8.67 = 9 \text{ cuchillas guía}$$

d) Stock mínimo (Sm):

$$Sm = 104 \times (1/24) = 4.33 = 4 \text{ cuchillas guía}$$

e) Costo total anual (Ct):

$$Ct = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$$

$$Ct = (75 \times 1.575) + (45.3 \times 104) + (33 \times 0.08 \times 45.3)$$

$$Ct = Q 4,948.92$$

4.4.3 Clavo: Cuchilla de corte

$$\begin{aligned} \text{Demanda (D)} &= 25 \text{ pares/semana} = 25 \times 2 = 50 \text{ cuchillas/semana} = 50 \times 52 \\ &= 2,600 \text{ cuchillas /año} \end{aligned}$$

$$\text{Tasa de transferencia por periodo (i)} = 8\% \text{ anual}$$

$$\text{Costo por pedido (K)} = Q75$$

$$\text{Política de reorden (Pr)} = 1 \text{ mes} = 1/12 \text{ de año}$$

Costo de compra (C):

Material : Platina de especial K de 15 x 25 mm, con costo de Q 141.88 /mt

Longitud de la cuchilla = 57 mm

Cantidad de cuchillas/metro = $1000 / 57 = 17.54$ cuchillas/metro

Costo del material = $Q141.88 / 17.54 = Q8.09$ / cuchilla

Otros: Se calcula un 40% mas, para mano de obra de tornos y energía eléctrica

$C = Q 8.09 \times 1.4 = Q 11.33$

Costo de conservación (H) = $0.08 \times 11.33 = Q 0.90$

a) Cantidad optima de pedidos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 2,600 \times 75}{0.90}} = 658.28 = 658, \text{ debido a que no se puede pedir fracciones de cuchillas}$$

b) Tiempo entre cada pedido en un año (L):

pedidos al año = $2,600 / 658 = 3.95$ veces al año

$L = 12 / 3.95 = 3.04$ meses

c) Nivel de reorden (Nr):

$Nr = 2,600 \times (1/12) = 216.66 = 217$ cuchillas guía de corte

d) Stock mínimo (Sm):

$Sm = 2600 \times (1/24) = 108.33 = 108$ cuchillas de corte

e) Costo total anual (Ct):

$Ct = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$

$Ct = (75 \times 3.04) + (2600 \times 11.33) + (329 \times 0.08 \times 11.33)$

$Ct = Q 29,984.21$

4.4.4 Corte y enderezado de alambrión: Chaveta

Demanda (D) = 1 /semana = 1 x 52 = 52 chavetas/semana

Tasa de transferencia por periodo (i) = 8 % anual

Costo por pedido (K) = Q80

Política de reorden (Pr) = 1 mes = 1/12 de año

Costo de compra (C) :

Material: Barra circular de K-100,38.8mm de ϕ , con costo de Q598.30 /mt

Longitud de chaveta = 280 mm

Cantidad de chavetas/metro = 1000 / 280 = 3.57 chavetas/metro

Costo del material = Q598.30 / 3.57 = Q 167.59 / chaveta

Otros: Se calcula un 60% mas, para mano de obra de tornos, trabajo de soldadura, mano de obra de soldadura, energía eléctrica

$C = Q 167.59 \times 1.6 = Q 268.30$

Costo de conservación (H) = 0.08 x 268.30 = Q 26.83

a) Cantidad optima de pedidos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 52 \times 80}{26.83}} = 19.69 = 20, \text{ debido a que no se puede pedir fracciones de chavetas}$$

b) Tiempo entre cada pedido en un año (L):

pedidos al año = 52 / 20 = 2.6 veces al año

$L = 12 / 2.6 = 4.62$ meses

c) Nivel de reorden (Nr):

$Nr = 52 \times (1/12) = 4.33 = 4$ chavetas

d) Stock mínimo (S_m):

$$S_m = 52 \times (1/24) = 2.17 = 2 \text{ chavetas}$$

e) Costo total anual (C_t):

$$C_t = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$$

$$C_t = (80 \times 2.6) + (52 \times 268.3) + (10 \times 0.08 \times 268.3)$$

$$C_t = Q 14,374.24$$

4.4.5 Amarre: Sellos hidráulicos

El periodo base será 5 años.

Demanda (D) = 4 sellos/año = 4 x 5 = 20 sellos / año

Costo de compra (C) = Q4,200 el kit de sellos

Tasa de transferencia por periodo (i) = 11% anual,

Costo de conservación (H) = 0.11 x Q 4200 = Q 462

Costo por pedido (K) = Q75

Política de reorden (Pr) = 4 semanas = 1/60 = de 5 años

a) Cantidad optima de pedidos:

$$Q^* = \frac{2 \times 20 \times 75}{462} = 6.49 = 6 \text{ kits, debido a que no se puede pedir fracciones de sellos}$$

b) Tiempo entre cada pedido en 5 años (L):

pedidos al año = 20/ 6 = 3.33 veces cada 5 años

$$L = 60 / 3.33 = 18.02 \text{ meses}$$

c) Nivel de reorden (Nr):

$$Nr = 20 \times (1/60) = 0.33 = 1 \text{ kit de sellos}$$

d) Stock mínimo (Sm):

$$Sm = 20 \times (1/60) = 0.33 = 1 \text{ kit de sellos}$$

e) Costo total anual (Ct):

$$Ct = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$$

$$Ct = (75 \times 3.33) + (6 \times 4200) + (3 \times 4200 \times 0.11)$$

$$Ct = Q 26,835.75 / 5 = Q5,367.15 / \text{año}$$

4.4.6 Galvanización: Manerales

Demanda (D) = 5 / mensual = 5 x 12 = 60 manerales / año

Costo de compra (C) = Q 85.00

Tasa de transferencia por periodo (i) = 8% anual

Costo de conservación (H) = 0.08 x 85 = Q 6.80

Costo por pedido (K) = Q 75

Política de reorden (Pr) = 1.5 meses = 1/18 de año

a) Cantidad optima de pedidos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 60 \times 75}{6.80}} = 36.38 = 36, \text{ debido a que no se puede pedir fracciones de manerales}$$

b) Tiempo entre cada pedido en un año (L):

pedidos al año = 60 / 36 = 1.66 veces al año

$$L = 12 / 1.66 = 7.23 \text{ meses}$$

c) Nivel de reorden (Nr):

$$Nr = 60 \times (1/18) = 3.33 = 3 \text{ manerales}$$

d) Stock mínimo (Sm):

$$Sm = 60 \times (1/24) = 2.5 = 2 \text{ manerales}$$

e) Costo total anual (Ct):

$$Ct = (K \times L) + (C \times D) + (Q^*/2 \times H)$$

$$Ct = (75 \times 3.33) + (36 \times 85) + (18 \times 0.08 \times 85)$$

$$Ct = Q 3,432.15$$

4.5 Resumen de cálculos encontrados

Se realizará una tabla con toda la información encontrada en el inciso anterior para que sea más fácil para el lector. En la siguiente pagina se podrá apreciar dicha tabla.

4.5.1 Tabulación de resultados

Tabla XII. Resumen del manejo de inventarios de piezas importantes de las diferentes secciones de la planta

SECCION	PIEZA	Q* (Unidades)	L (Meses)	Nr (Unidades)	Sm (Unidades)	Ct (Q)
Trefilación	Dados	551	2.82	390	195	11,427.37
Espigado	Cuchilla guía	66	7.59	9	4	4,948.92
Clavo	Cuchilla de corte	658	3.04	217	108	29,984.21
Corte y enderezado	Chaveta	20	4.62	4	2	14,374.24
Amarre	Sellos hidráulicos	6	18.02	1	1	5,367.15
Galvanización	Manerales	36	7.23	3	2	3,432.15

donde Q^* = cantidad óptima de pedidos, L = tiempo entre cada pedido en meses, N_r = nivel de reorden, S_m = stock mínimo, C_t = costo total.

4.5.1.1 Observaciones importantes de los cálculos encontrados

- ✓ En la sección de amarre, se debe de realizar el pedido de los sellos hidráulicos cada 18 meses, o cada año y medio. Es la pieza de mayor tiempo entre cada pedido, por lo que se deberá calendarizar adecuadamente las fechas.
- ✓ Los dados son las piezas más importantes de toda la fabrica, ya que la sección de trefilación es la que abastece todas las secciones con materia prima y el dado es la parte vital del proceso de trefilado. Es por ello que el costo anual total de esta pieza es sumamente pequeño comparado con la cantidad de ventas anuales de toda la fabrica, se calcula que es menos de un 0.02% de las ventas totales de la planta. La falta de esta pieza en inventario, ocasionaría un paro total de la planta por lo que se deberá darle prioridad a la compra de este artículo.
- ✓ En la sección de clavo, las cuchillas de corte es la de mayor cantidad, tanto en pedidos optimo como en dinero. Cabe mencionar que en la sección, se toma por pares de cuchillas, por lo que será necesario dividir dentro de dos las cantidades de la tabla anterior. La cantidad es elevada debido a la demanda que existe de
- ✓ Para los sellos en la sección de amarre, el stock mínimo y el nivel de reorden resultan iguales debido a que las divisiones en las formulas respectivas dan un resultado menos de uno, aproximando así las dos variables a la unidad.

Se determina que cuando solo tengamos en existencia 1 sello, se debe realizar el pedido para que la cantidad óptima ingrese justo cuando se acabe el ultimo kit de sellos hidráulicos.

4.5.2 Gráfica de los resultados encontrados

Figura 17. Gráfica de resultados de la sección de trefilación

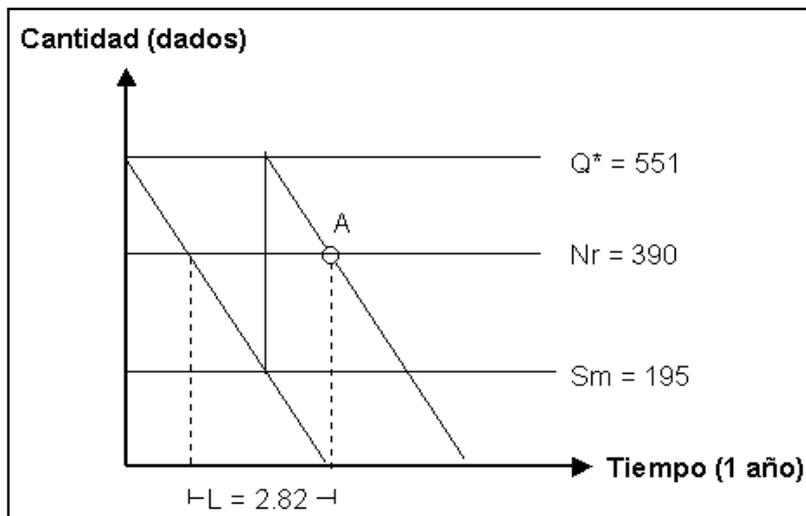


Figura 18. Gráfica de resultados de la sección de espigado

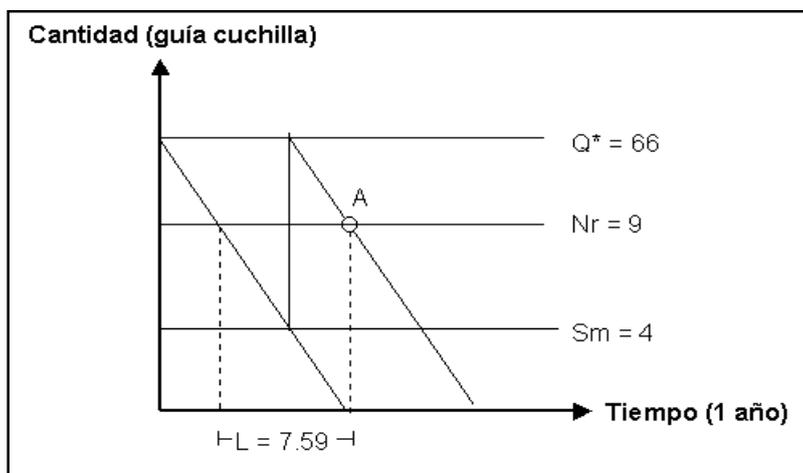


Figura 19. Gráfica de resultados de la sección de clavo

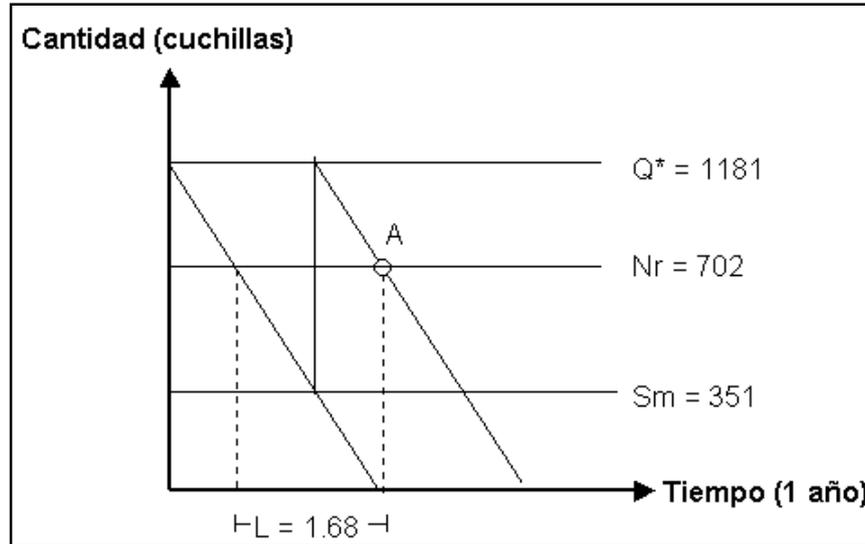


Figura 20. Gráfica de resultados de la sección de corte y enderezado

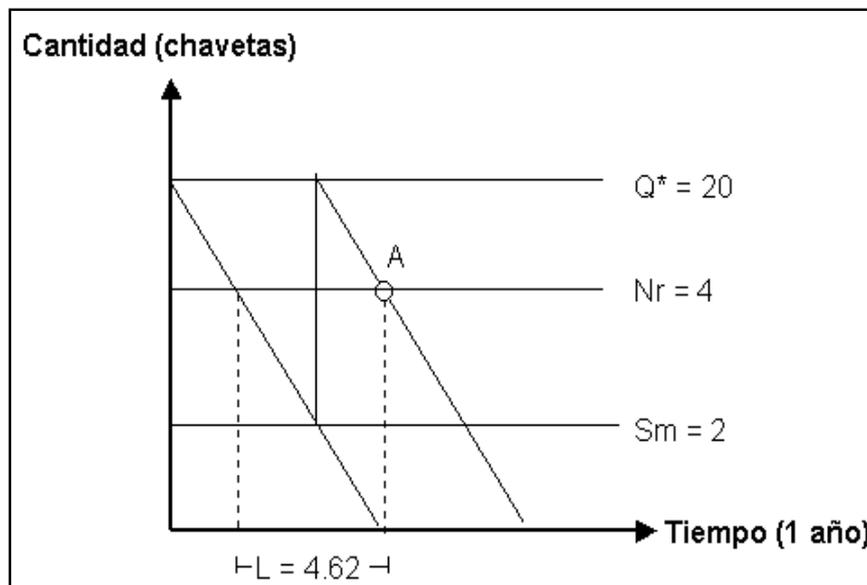


Figura 21. Gráfica de resultados en la sección de amarre

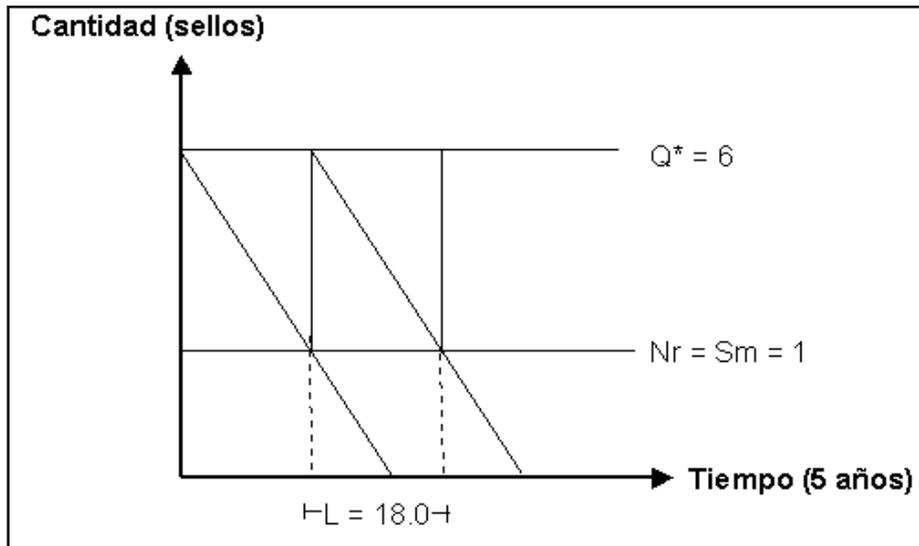
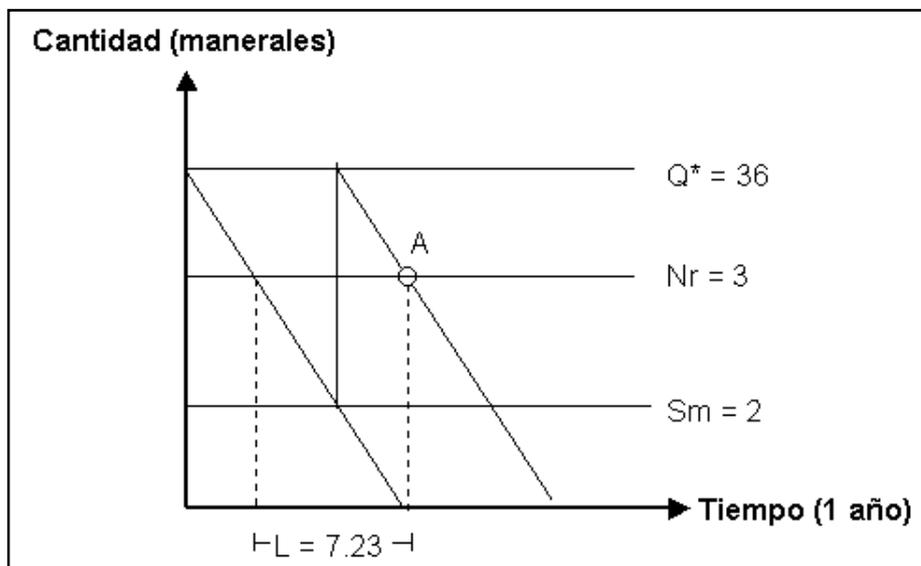


Figura 22. Gráfica de resultados en la sección de galvanización



4.5.3 Recomendaciones basadas en los resultados:

- Los datos encontrados en el inciso anterior servirán como una guía para el manejo de inventarios de la bodega de repuestos y materiales. Por ejemplo, el dato del nivel de reorden, ayudará a saber cuando aproximadamente se debe de realizar el pedido del artículo por medio de un nivel de inventario en la bodega. Esto por supuesto, requerirá que la persona encargada de la bodega, este revisando la cantidad en existencia de cada artículo calculado.
- Se deberá realizar un estudio de costos cada año para comparar los niveles de costos con los del año anterior.
- Estos artículos calculados en este capítulo, son una parte de todos los artículos de la bodega de repuestos y materiales en la planta de alambre. Se recomienda realizar un estudio a detalle, tomando articulo por articulo y calculando las variables de interés al igual que se hizo en este trabajo de graduación.
- En las gráficas, se supone que se inicia la planificación de inventarios con la cantidad económica de pedidos en el tiempo cero.
- El tiempo entre cada pedido (L) encontrado para cada pieza vital, deberá de utilizarse para la realización de una calendarización de las fechas que deberá realizarse el pedido por sección. Se recomienda asignar esta tarea al departamento de planificación y control.

CONCLUSIONES

1. Tomando en cuenta las consideraciones hechas en este trabajo de graduación y con una inversión económica mínima, se puede aumentar la eficiencia de las máquinas y la productividad de la planta, ya que las observaciones descritas son sencillas de llevar a cabo y darán resultados en un corto plazo. Los resultados de estas observaciones se ven reflejados totalmente en el incremento de la disponibilidad de la maquinaria, en otras palabras, la eficiencia de las máquinas aumenta.
2. Existen deficiencias en las actividades realizadas en el departamento de mantenimiento de alambres, sobre todo en las inspecciones realizadas semanalmente, ya que no existe la continuidad necesaria de las actividades anotadas en ellas, y debido a ello, los encargados de cada sección ven a los formatos de las inspecciones como un requisito que deben de llenar para iniciar las labores diarias.
3. La mala organización del personal del departamento de mantenimiento y la distribución de autoridad de dos jefaturas sobre el personal, crea confusión en el personal de mantenimiento.
4. El proceso administrativo aplicado a un departamento de mantenimiento es una manera eficaz de poder llegar a obtener resultados concretos en un periodo de tiempo, tanto, para el aumento de la productividad de la planta como de la eficiencia de las máquinas reflejado en la disponibilidad de la maquinaria.

5. El departamento de mantenimiento mecánico de la planta de alambres, se considera, dentro de un nivel de desempeño intermedio, según la clasificación expuesta en el inciso 3.1.4.2, debido a que se realizan actividades tanto correctivas como programadas. La transición al nivel de alto desempeño, será todo un proceso y tardará varios años en lograrlo.
6. Cumplir con las actividades importantes de un programa de mantenimiento preventivo como lo es la codificación de la maquinaria, las inspecciones programadas, la lubricación, y las correcciones programadas es vital para el éxito de un departamento eficaz.
- 6 Los resultados encontrados en el capítulo 4 en relación con el manejo de inventarios de la bodega de repuestos y materiales, nos da una pauta de las cantidades que se deben manejar en existencia para que los costos no sean elevados y la empresa no pierda dinero, y para que la disponibilidad de los repuestos siempre sea la óptima.
- 7 Los resultados encontrados en los cálculos realizados en el capítulo 4, se asemejan a las cantidades manejadas actualmente por las personas encargadas de dichos repuestos, demostrando la importancia de la experiencia del personal de la planta.

RECOMENDACIONES

1. Convencer a la alta gerencia sobre los beneficios adquiridos al poner en práctica los conceptos y lineamientos expuestos en este trabajo de graduación.
2. El presente trabajo de graduación, expone una guía de cómo se debe manejar un departamento de mantenimiento mecánico de una planta de clavo y alambre, pero, se recomienda darle el seguimiento necesario para abarcar todas las secciones de la planta siguiendo las normas y definiciones aquí expuestas.
3. Analizar a fondo la propuesta expuesta para el cambio estructural de la organización del personal de mantenimiento de alambres, para afrontar las exigencias de un mercado mundial sumamente competitivo.
4. Designar una persona encargada de la bodega de repuestos y materiales para el departamento de mantenimiento, siendo él, el responsable de los elementos que la compone dejando la planificación para el centro de planeación y control del departamento.
5. Capacitar al personal técnico del departamento de mantenimiento en las áreas de soldadura, máquinas herramientas, mecánica general, y toda la tecnología moderna necesaria para que las capacidades de las personas se exploten al máximo.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

6.Modernizar los tres talleres del departamento de mantenimiento de alambres, en especial, el taller de tornos adquiriendo equipo nuevo o usado en buen estado, ya que se pudo determinar que el cuello de botella en el proceso de reparación de alguna maquina, se encuentra en la fabricación de alguna pieza en el taller de tornos.

BIBLIOGRAFÍA

1. DOUNCE Villanueva, Enrique. **La productividad en el mantenimiento Industrial**. Primera reimpression México: Compañía Editorial S.A., 1998.
2. KAMLESH Mathur, Daniel Solow. **Investigación de operaciones**. Primera Edición en Español. México: Prentice Hall, 1996
3. GROOVER, Mikell P. **Fundamentos de manufactura moderna**. Primera Edición en Español. México: Prentice Hall, 1997
- TACAN Hernández, Julio Cesar. Programa de mantenimiento preventivo y manejo de inventarios. Tesis Ing. Mecánico Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1999.
5. LUBRICACIÓN Curso básico de lubricación. Shell: Guatemala :1996
6. KOCH Ernst GMBH & Co. **Manual de máquinas trefiladoras**. Alemania, 1995.

APÉNDICE

Figura 24. Figura de una máquina múltiple de trefilado de alambre

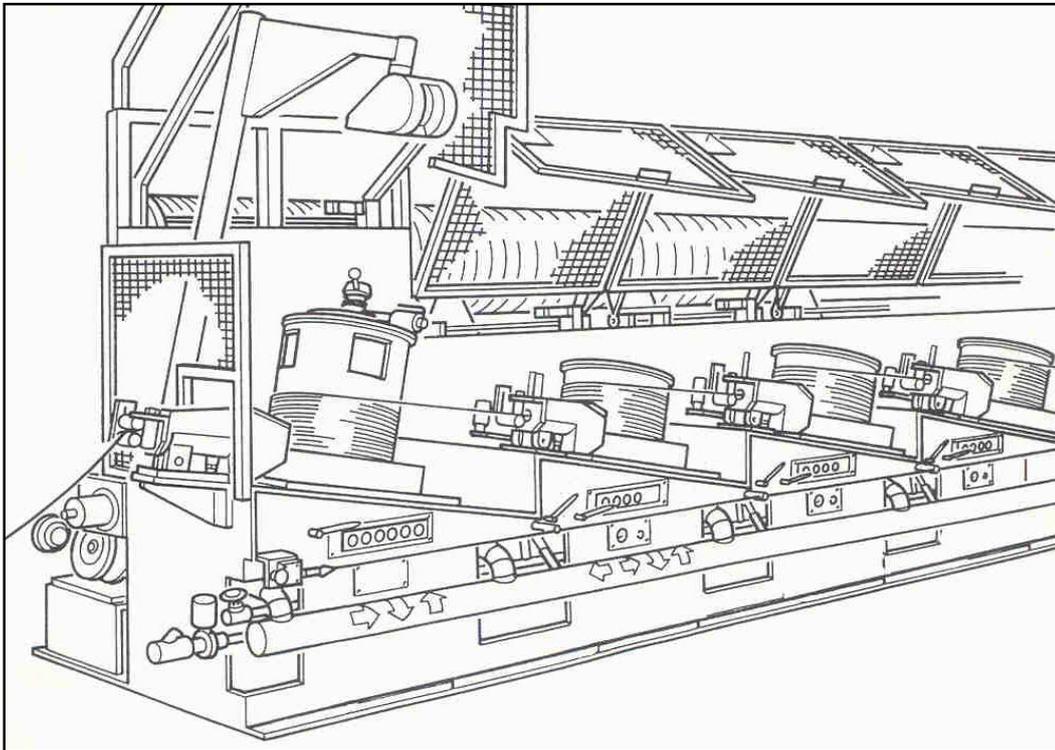


Figura 25. Formato de inspección de la sección de galvanización

Aceros de Guatemala, S.A. Planta de Clavo y Alambre				Sección de Alambre Galvanizado Fecha: <u>24/01/2004</u>				
Inspección de Mantenimiento Semanal								Calibre
Sistema de Enfriamiento								
Bomba 1	Ancho de Estopas (mm)	Temperatura del motor	Temperatura de la bomba	Limpeza General	Estado de láminas	Limpeza de Láminas	Estado de Tuercas	
Bomba 2				Torneo de Enfriamiento				
Sistema de embobinado de Alambre Galvanizado								
Embobinadora	Engrase de cada bobina	Estado de materiales	Engrase de cada polea	Desgaste de poleas	Estado de Fajas de motor	Temperatura del motor	Temperatura del reductor	Limpeza General
1								
2								
Horno de Zinc								
TURBO DE COMBUSTION				SUMINISTRO Y RETORNO DE COMBUSTIBLE				Cambio de
Limpeza de Turbo	Temperatura del motor-turbo	Limpeza de Drenaje	Estado de Razonera	Presión de combustible	Temperatura de motor-B. Diesel	Temperatura suministro bunker	Temperatura retorno bunker	Quemador
								Filtros
								Regulador de presión
Limpeza de Tanques								
Tanque de dorado de amoníaco			Tanque y campana de HCl			Tanque Principal de Diesel		
Tanque de agua de enjuague			Tanque de enfriamiento			Bomba principal de Diesel		
Horno de Recocido								
TURBO DE COMBUSTION				SUMINISTRO Y RETORNO DE COMBUSTIBLE				Cambio de
Limpeza de Turbo	Temperatura del motor-turbo	Presión de combustible	Temperatura de motor-B. Diesel	Temperatura de suministro bunker	Temperatura retorno bunker	Limpeza General		Quemador
								Filtros
								Regulador de presión
Generales		Sistema de bunker			Observaciones			
Estado de roillos		Tanque de bunker						
Engrase de chumaceras		Bomba de Bunker						
Limpeza de la nave		Temperatura de motor B.-bunker						
Estado de la filo Anódico								
Firma de Encargado de Sección		Firma de Jefe de turno			Firma de Jefe de Planta			

Figura 26. Formato de inspección de la sección de espigado

Aceros de Guatemala, S.A. Sección de Alambre Espigado
 Planta de Clavo y Alambre Fecha: _____

Inspección de Mantenimiento Semanal

Lubricación de máquina	Número de máquina														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Engrase de engranajes rectos															
Engrase de engranajes cónicos															
Engrase de engranajes de embobinado															
Engrase general de máquina															
Lubricación en chumaceras															

Estado de componentes de máquina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Estado de fajas															
Estado de cuchillas guía															
Estado de cuchillas															
Estado de guías laterales															
Estado de guía central															
Estado de poleas del motor															
Estado de carretas															
Estado de freno															
Estado de roseta															
Estado de electorador															

Estado de mecanismos de máquina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Mecanismo de retroceder															
Mecanismo de embobinado															
Mecanismo de Freno															
Mecanismo de corte															
Mecanismo de suministro de alambre															

Limpieza de la máquina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Limpieza general															

Temperatura de motor principal #1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Temperatura de motor principal #2	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X

B: Bueno
 R: Regular
 M: Mal

Observaciones

Figura 27. Formato de inspección de la sección de corte y enderezado

Aceros de Guatemala S.A.
Planta de Clavo y Alambre
Sección Zeta
 Reporte de inspección semanal de maquinaria

Fecha: _____

S - turno
R - regular
M - móvil

máquina #	Fajas enderezador	Fajas corte	polea enderezador	polea motor	barra de soporte	ejes de rodillos	magneto de corte	embrague de corte	caja reductora	motor enderezador	motor rodillos	Tope de varilla	chavetas	Acaplamiento hidráulico	Cabley materia prima
1															
2															
3															
4															

Limpieza de la sección: _____

Observaciones sobre puente grúa: _____

Observaciones sobre suministro de aire comprimido: _____

Ausencias de Personal: _____

Cajineta de enderezador	
entrada	salida

Notas: _____

Firma Encargado de Turno: _____