

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Mecánica

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO  
PREVENTIVO PARA UNA PLANTA TREFILADORA Y  
TRANSFORMADORA DE PRODUCTOS TREFILADOS

LUIS RODRIGO DE LEON GARCIA



Guatemala

2000

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO  
PREVENTIVO PARA UNA PLANTA  
TREFILADORA Y TRANSFORMADORA DE  
PRODUCTOS TREFILADOS**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Mecánica

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECANICO  
PREVENTIVO PARA UNA PLANTA TREFILADORA Y  
TRANSFORMADORA DE PRODUCTOS TREFILADOS**


**LUIS RODRIGO DE LEON GARCIA**

Trabajo de graduación presentado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico en el grado de Licenciado

Guatemala

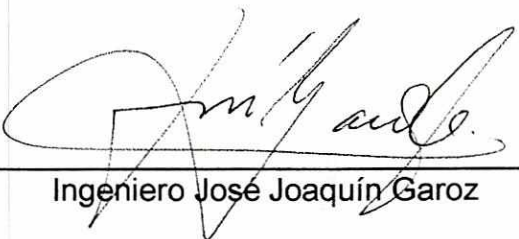
2000


Vo. Bo.:

f)   
Ingeniero Carlos Humberto Ponce  
Asesor

Tribunal:

f)   
Ingeniero Carlos Humberto Ponce

f)   
Ingeniero José Joaquín Garoz

f)   
Ingeniero Carlos Paredes

Fecha de aprobación: 16 de febrero de 2000

## **Resumen**

El presente trabajo de graduación comprende una propuesta de departamento de mantenimiento y de programa de mantenimiento preventivo para una planta trefiladora y transformadora de productos trefilados. Esta planta pertenece a la Corporación Aceros de Guatemala, S.A. Particularmente, el trabajo contiene a las áreas productoras de alambre trefilado, galvanizado y espigado y clavo para madera.

La propuesta del departamento de mantenimiento está conformada por la misión, objetivos, funciones, organización y parámetros de control del desempeño. El programa de mantenimiento preventivo consiste en un análisis de las causas, estados y consecuencias de las fallas de los componentes, tareas programadas de mantenimiento preventivo a realizar y programa de lubricación.

Acompañando a las propuestas se presenta, como marco teórico, información recabada sobre el tema de administración del mantenimiento y una descripción de los procesos productivos.

CONTENIDO	Páginas
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	5
A. Administración del mantenimiento	5
1. Desarrollo del mantenimiento a través del tiempo	5
a. Primera generación	5
b. Segunda generación	5
c. Tercera generación	6
2. Definición de administración	8
3. Planificación en el mantenimiento	11
a. Pasos de la planificación	12
(1). Establecimiento de prioridades	12
(2). Planeamiento	13
(3). Calendarización	13
(a). Preparación eficiente de un paro por mantenimiento	14
b. Planificación con base en el desempeño	17
(1). Situación de bajo desempeño	18
(2). Situación de desempeño intermedio	19
(3). Situación de alto desempeño	19
c. Elaboración de un programa de mantenimiento	20

(1). Definición de las funciones de los componentes	21
(2). Definición de fallas funcionales	22
(3). Determinación de modos de falla	22
(4). Análisis de las consecuencias de una falla funcional	23
(5). Selección de procedimientos	25
(a). Tipos de mantenimiento	29
4. Organización en un departamento de mantenimiento	30
5. Control en el mantenimiento	33
a. Parámetros para la medición del desempeño	35
B. Descripción del proceso y su maquinaria	38
1. Proceso de trefilación	40
2. Producción de clavos	42
3. Galvanización de alambre	44
4. Fabricación de alambre espigado	46
5. Producción de las cuatro secciones	48
III. PROPUESTA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	57
A. Misión	57
B. Objetivos	57
C. Funciones	58
D. Organización del departamento de mantenimiento	59

1. Descripción y especificación de puestos	62
a. Jefe de Planta	62
b. Jefe de Mantenimiento de la Planta	64
c. Mecánico de Planta	66
d. Soldador de Planta	67
e. Jefe de Sección	69
f. Operario	70
g. Ayudante	72
h. Preparador de Dados de Trefilar	72
i. Preparador de Matrices	73
j. Afilador de Cuchillas	74
2. Descripción de los recursos necesarios	75
a. Recursos humanos	75
b. Recursos técnicos	76
E. Control en el departamento de mantenimiento	78
<b>IV. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>81</b>
A. Metodología del programa de mantenimiento	81
1. Codificación de los componentes	82
2. Definición de la función de los componentes	83
3. Determinación de las fallas funcionales	83

4. Determinación de los modos de falla	83
5. Análisis de las consecuencias de las fallas	83
6. Selección de las tareas a ejecutar	84
B. Tablas de análisis de falla de los equipos y tablas de tareas programadas de mantenimiento	86
1. Sección de Trefilación	87
2. Sección de Clavo	97
3. Sección de Galvanización de Alambre	105
4. Sección de Alambre Espigado	117
5. Programa general de lubricación	130
V. RECOMENDACIONES	139
VI. BIBLIOGRAFIA	141
ANEXOS	145
A. Lay out de la planta	145

## **I. Introducción**

La existencia de un programa de mantenimiento preventivo es indispensable en cualquier planta para aumentar la productividad a través de un incremento en la disponibilidad y confiabilidad de su equipo. La implementación de controles frecuentes ayudan a minimizar los costos de reparación de equipos y, más importante aun, permiten programar los procedimientos necesarios en horas inhábiles para no afectar de esta manera el tiempo de producción.

Los profesionales en el área de la ingeniería mecánica están capacitados para realizar los estudios y tomar las decisiones acerca de los procedimientos y controles a seguir en los equipos. Por esta razón, se consideró que la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo representaría un desafío a nivel personal y profesional, pudiendo ser considerado como la culminación de los estudios en esta área.

En el presente modelo de trabajo profesional se detalla la propuesta de un programa de mantenimiento mecánico preventivo para una planta trefiladora y transformadora de productos trefilados. Específicamente se consideran las áreas productivas de trefilación, clavo, galvanización de alambre y alambre espigado.

Este programa comprende la codificación de los componentes y un análisis de sus causas, estados y consecuencias de fallas. También se presentan las tareas programadas de mantenimiento y se resumen los procedimientos de lubricación que deben realizarse.

Con la finalidad de contar con la infraestructura necesaria para implementar y ejecutar el programa de mantenimiento preventivo, se incluye la propuesta de un departamento de mantenimiento para esta planta. En esta propuesta se han involucrado las tendencias en administración del mantenimiento de actualidad, intentando no circunscribirse a ninguna de ellas en particular.

Como marco teórico del trabajo se incluye la información que ha podido recopilarse en el tema de administración del mantenimiento y una descripción de los procesos productivos y su maquinaria.

El objetivo general de este trabajo es la conservación de la capacidad de los equipos de la planta para fabricar productos de calidad con la mínima utilización de recursos y la mayor protección a la seguridad personal y al medio ambiente posibles.

Los objetivos específicos son:

- Asegurar la disponibilidad de los equipos para cumplir con los programas de producción.
- Estabilizar los costos de mantenimiento en el mínimo nivel posible.
- Involucrar a todo el personal de la planta en las tareas de mantenimiento.
- Formar un equipo asesor en el área de mantenimiento con habilidades sobresalientes.
- Eliminar las condiciones que crean la necesidad de realizar tareas de mantenimiento no planificadas.

## **II. Antecedentes**

### **A. Administración del mantenimiento**

#### **1. Desarrollo del mantenimiento a través del tiempo**

##### **a. Primera generación**

La función del mantenimiento ha sido históricamente vista como un costo necesario e inevitable en la producción de bienes. Desde los 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 la mayoría de los administradores. Asimismo, la mayor parte de la maquinaria era simple y estaba sobrediseñada, lo cual la hacía confiable y fácil de reparar.

##### **b. Segunda generación**

La situación cambió dramáticamente durante 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 la industria comenzó 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 con base en el tiempo, cuando podrían haber durado un poco más. Además, se requerían muchas horas-hombre innecesarias.

### **c. Tercera generación**

Desde 1960, como resultado de las condiciones cambiantes, se han establecido nuevos conceptos que determinan un enfoque más profesional. La necesidad de excelencia en todas las actividades, nunca antes experimentada, hizo que las nuevas tecnologías y las prácticas innovadoras ubicaran a la función del mantenimiento como una parte integral de la rentabilidad global de muchos negocios. Las técnicas y enfoques sólidos, prácticos y modernos en el mantenimiento tienen el potencial de incrementar significativamente las ventajas competitivas en el mercado global y asegurar de alguna manera la supervivencia de las empresas. Para la implementación exitosa de cualquiera

de las estrategias deseadas debe haber un cambio cultural en la organización para que todo el nivel administrativo visualice el mantenimiento efectivo como un medio para aumentar la productividad, mejorar el desempeño, alcanzar la rentabilidad y minimizar los tiempos muertos.

El mantenimiento, como cualquier otra área en una organización, debe implementar nuevas filosofías de mejora continua y participación total del personal. Uno de los objetivos consiste en transformar la actitud de todos los miembros de la comunidad industrial hacia el mantenimiento y terminar con los enfoques como "yo lo descompongo y tú lo arreglas". Solamente de esta manera se puede erradicar uno de los mayores errores del Siglo XX, consistente en la suposición de que los departamentos de mantenimiento pueden trabajar como una fuerza solitaria para garantizar la confiabilidad del equipo.

Las nuevas tendencias en la administración del mantenimiento incluyen:

- Herramientas para toma de decisiones como estudios de amenazas, análisis de modos y efectos de fallas
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como monitoreo de condición
- Diseño de equipos con un énfasis mucho mayor en la confiabilidad y mantenabilidad

- Un enfoque organizacional dirigido hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad

**Expectativas crecientes**

<b>Primera Generación</b> Componer cuando se arruina		<b>Segunda Generación</b> Mayor disponibilidad Mayor vida de los equipos Costos menores		<b>Tercera Generación</b> Disponibilidad y confiabilidad más altas Mayor seguridad Mejor calidad de los productos Ausencia de daños al ambiente Mayor vida de los equipos Mayor rentabilidad	
1940	1950	1960	1970	1980	2000

**Técnicas cambiantes**

<b>Primera Generación</b> Componer cuando se arruina		<b>Segunda Generación</b> Overhauls programados Sistemas para planeación y control del trabajo Computadoras lentas		<b>Tercera Generación</b> Monitoreo de condición Diseño para confiabilidad y mantenabilidad Estudios de amenazas Computadoras rápidas Análisis de modos y efectos de falla Trabajo en equipo	
1940	1950	1960	1970	1980	2000

## 2. Definición de 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. Los administradores deben ejecutar las funciones de planeación, organización, integración de personal, dirección y control.

La planeación implica la selección de misiones y objetivos y las acciones para lograrlos; requiere tomar decisiones, es decir, escoger cursos futuros de acción entre alternativas. Los planes pueden ser clasificados como:

- Propósitos o misiones, que es la función o tarea fundamental que la sociedad le asigna a la organización
- objetivos o metas, que son los fines hacia los que se dirige una actividad
- estrategias, que son programas generales de acción y despliegue de recursos para obtener objetivos generales
- políticas, que son declaraciones o entendimientos generales que orientan o encauzan el pensamiento en la toma de decisiones
- procedimientos, que establecen un método obligatorio para manejar actividades futuras
- reglas, que describen la acción o no acción requerida y específica, y no permiten discreción
- programas, que conforman un conjunto de metas, políticas, procedimientos, reglas, asignaciones de tarea, pasos a seguir, recursos a emplear, etc. necesarios para llevar a cabo un curso de acción
- presupuestos, que son estados de los resultados esperados, expresados en términos numéricos.

La organización es aquella parte de la administración que implica el establecimiento de una estructura intencional de papeles que las personas desempeñarán. Algunos factores que pueden determinar la eficacia de una organización son:

- capacitación de los empleados
- claridad de la delegación de autoridad
- claridad de los planes
- uso de estándares objetivos
- rapidez de cambio
- técnicas de comunicación
- contacto personal necesario

La integración de personal implica llenar los puestos de la estructura organizacional y mantenerlos ocupados. Esto se hace al identificar los requerimientos de la fuerza laboral, clasificar a las personas disponibles, reclutar, seleccionar, asignar, ascender, planificar la carrera, remunerar y capacitar a candidatos y a los titulares de un puesto para que realicen sus tareas de modo eficaz y eficiente.

La dirección consiste en influir en los seres humanos para que contribuyan a la obtención de las metas de la organización, se refiere predominantemente a los aspectos interpersonales de la administración.

El control es la medición y corrección de las actividades realizadas, con el fin de asegurarse de que los hechos se ajusten a los planes. Mide el desempeño en comparación con las metas y los planes, muestra dónde existen desviaciones negativas y, al poner en marcha acciones para corregirlas, ayuda a asegurar el logro de los planes. El proceso básico de control comprende tres pasos:

- establecimiento de estándares
- medición del desempeño frente a estos estándares y
- corrección de las variaciones en relación con los estándares y planes.

### **3. Planificación en el mantenimiento**

Actualmente, las organizaciones que están adoptando un enfoque de planificación del mantenimiento han demostrado que el costo del mantenimiento no tiene que ser necesariamente fijo. En la mayor parte de las fábricas, este costo representa del 25 al 60% de los costos variables de operación. Cada dólar gastado en mantenimiento o inventario de repuestos

debe ser compensado por aproximadamente 20 dólares en ingresos. La única manera de controlar estos costos es mediante la planificación.

### **a. Pasos de la planificación**

#### **(1). Establecimiento de prioridades**

El primer paso para la implantación de un sistema efectivo de planificación y calendarización es el establecimiento de prioridades, con ello se asegura de que los trabajos más importantes son realizados en el momento apropiado. Pueden utilizarse dos sistemas: el de un número único y el multiplicador.

El sistema de un número único asigna un rango a las tareas y responsabilidades en una escala de prioridad de 1 a 5, donde el 1 indica la prioridad más alta.

El sistema multiplicador más común utiliza dos escalas: la primera indica lo crítico del equipo y la segunda clasifica el trabajo de mantenimiento. Ambas escalas van del 1 al 10, siendo 10 el de prioridad más alta. El producto de ambas escalas indica la prioridad con que se debe programar la reparación.

## **(2). Planeamiento**

Existe una diferencia entre planeamiento y calendarización. El planeamiento de los pasos que deben darse para la realización de un trabajo de reparación es responsabilidad del departamento de mantenimiento, mientras que la calendarización debe ser un esfuerzo conjunto entre mantenimiento y producción.

El planeamiento involucra el entendimiento de las limitantes de tiempo y el desarrollo de estimados de tiempo de reparación confiables. Además, requiere la compra anticipada de los repuestos necesarios para un trabajo.

Muchas compañías dejan el trabajo de planeamiento y calendarización al supervisor de mantenimiento, pero la tendencia actual es la de contratar un miembro del equipo como planificador de tiempo completo. Una regla de bolsillo es contratar un planificador por cada 20 ó 25 mecánicos, esta persona debe conocer el manejo de las computadoras como medio importante para el planeamiento, priorización y calendarización.

## **(3). Calendarización**

De acuerdo con los expertos, la calendarización es más efectiva cuando se involucra personal de mantenimiento y producción continuamente en la priorización del trabajo.

Existen muchos métodos de calendarización y su uso depende del tamaño de la fábrica. Una fábrica con muchas áreas y un solo grupo de trabajo puede considerar la colocación de un grupo determinado de trabajadores en un área específica, dependiendo de las prioridades. Una planta más pequeña puede utilizar un proceso centrado en los requerimientos diarios de su fuerza de trabajo de mantenimiento.

Finalmente, hasta los mejores planes pueden fallar en algunos aspectos. No existe un plan perfecto, por lo que sería poco realista tener 100% de trabajo planificado. Siempre habrá una emergencia, por lo que puede ser útil tener equipos preparados para responder a las emergencias, ya que de esta manera el personal de mantenimiento continuará con la calendarización prevista.

**(a). Preparación eficiente de un paro por mantenimiento**

En la mayor parte de organizaciones puede haber resistencia a la idea de detener por completo una planta para realizar tareas de mantenimiento que no son evidentemente necesarias. Como los requerimientos de producción se encuentran presentes en todo momento, se debe convencer a los administradores de que este tipo de paros tienen consecuencias positivas para el desempeño general de la planta a mediano y largo plazo. Además, debe obtenerse el mayor beneficio posible del tiempo cedido por producción, lo cual

únicamente puede conseguirse a través de una preparación adecuada. A continuación se enumeran algunos aspectos importantes que deben tomarse en cuenta:

- **Planificar por escrito los procedimientos del paro.** Las tres claves para la programación de un paro son la formulación de procedimientos por escrito, definición de rutas críticas (la tarea más importante en anticipación a un paro), y supervisar el trabajo. Es esencial tener procedimientos por escrito para asegurarse que las cosas se hacen siempre de la misma manera.

Un equipo compuesto por representantes de mantenimiento, ingeniería, producción, seguridad, compras y administración puede ayudar al proceso de planificación por medio de reuniones mensuales preparatorias para el paro.

- **Ser precavido.** Se debe contar con suficiente tiempo para hacerle frente a las sorpresas. Si se describe el mantenimiento y se encuentra un problema más serio de lo que se creía, se tendrá un retraso y ocupará más tiempo. Una proporción adecuada de tiempo adicional puede ser de 25% .

- **Calcular el tiempo real requerido entre paros.** Muchas compañías están convencidas de que deben parar al menos una vez por año, pero de acuerdo a los expertos, éste no es necesariamente el caso. Por ejemplo, si los sistemas

de información del mantenimiento preventivo indican que las máquinas pueden funcionar 15 meses continuos, se tendrían 4 paros en 5 años. Es necesario tener paros, pero mientras menos se tengan, es posible producir una mayor cantidad.

- **Tener listos todos los recursos.** El departamento de compras debe asegurarse que todos los repuestos requeridos se encuentren cuando se necesitan. Una buena práctica es tener todos los materiales en bodega una semana antes del paro.
- **Seleccionar el tiempo más adecuado en el año.** Los paros usualmente ocurren cerca de los feriados, cuando la planta tendría que cerrar de cualquier forma. Esto obviamente ahorra tiempo de producción.
- **Involucrar a los otros.** El personal ajeno al departamento de mantenimiento juega un papel importante en los paros, especialmente la gente de producción. Ellos deben integrar su programación con la de mantenimiento y participar en la planeación del paro. Por ejemplo, se puede pedir a los operadores que limpien su área de trabajo antes, durante y después del mantenimiento para asistir a este departamento.

- **Aprender de los errores propios.** El objetivo debe ser mejorar los paros cada año. Esto puede lograrse por medio del análisis del desempeño posterior al paro.
- **Cerrar el paro profesionalmente.** Debe realizarse una auditoría posterior al paro y un seguimiento de los proyectos para medir el impacto real del paro en la empresa. Es importante la comparación de las fechas planificadas y reales de paro y arranque y los presupuestos con el precio de los materiales utilizados. Así como la documentación de las eficiencias de tiempo y presupuesto, dando de esta manera una mejor posición al departamento de mantenimiento para continuar con la práctica de los paros.

#### **b. Planificación con base en el desempeño**

La planificación debe ser influida por la situación actual de la maquinaria. La planificación proactiva comienza desde el momento en que se toman medidas para mejorar la situación. El objetivo de este tipo de planificación es permitir la transición de un escenario de bajo desempeño a uno de alto desempeño.

En una situación de bajo desempeño se deben corregir primero los problemas de mantenimiento y luego prevenirlos. Cuando se alcanza un

desempeño intermedio se utilizan enfoques correctivos y preventivos, pero se comienzan a tomar enfoques predictivos. En una situación de alto desempeño, no se utilizará más el enfoque correctivo, sino que se aplicarán únicamente estrategias preventivas y predictivas.

### **(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 extra. Cualquier intento de mantenimiento preventivo es ineficaz porque el equipo falla frecuentemente. Para cambiar esta escena, primero se debe comenzar a analizar y planificar el trabajo. Un grupo de planificación puede ayudar a fijar las guías para determinar qué 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 están yendo las cosas.

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 extra 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.

### **(2). Situación de desempeño intermedio**

En la etapa intermedia, algo del 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 extra sigue siendo necesaria para realizar los 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). 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 tienen fallas catastróficas, es decir, aquellas que no solamente destruyen el componente primario, sino que 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 y la seguridad.

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

### **c. Elaboración de un programa de mantenimiento**

La elaboración efectiva de un programa de mantenimiento no debe fundamentarse en una sola teoría de administración, sino que debe tomar los aspectos positivos de cada una de las tendencias actuales.

Como puntos en común, las tendencias actuales contemplan las siguientes etapas en la elaboración de un programa de mantenimiento:

### **(1). Definición de las funciones de los componentes**

Antes de definir las acciones necesarias para asegurar que un bien físico continúe realizando las tareas que requieren sus usuarios, se necesita hacer dos cosas:

- Determinar que desean sus usuarios que haga
- Asegurarse que el equipo es capaz de realizarlo

Lo que los usuarios desean que haga el equipo puede ser clasificado en funciones primarias y secundarias. Las funciones primarias son aquellas que resumen por qué fue comprado el equipo. Esta categoría incluye aspectos como velocidad, producción, capacidad de carga o de almacenamiento, calidad del producto y servicio al cliente. Las funciones secundarias son aquellas que se esperan del equipo para ir más allá que el simple cumplimiento de sus funciones primarias. Estas incluyen aspectos como la seguridad, control, comodidad, integridad estructural, economía, protección, eficiencia, cumplimiento de regulaciones ambientales o incluso la apariencia externa.

Este paso, si es realizado apropiadamente, toma alrededor de un tercio del tiempo para el análisis.

## **(2). 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 se 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 sólo si se identifica qué fallas pueden ocurrir. Esto se logra al identificar qué circunstancias pueden ser catalogadas como un elemento de falla y luego buscar los eventos que pueden llevar al equipo a un estado de falla funcional.

## **(3). Determinación de los modos de falla**

Los eventos que originan una falla funcional son conocidos como modos de falla. Los modos de falla incluyen aquellos que han ocurrido en el equipo cuando está operando en el mismo contexto, los que están siendo prevenidos por los regímenes de mantenimiento actuales y las fallas que no han ocurrido aún, 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.

#### **(4). Análisis de las consecuencias de una falla funcional**

El cuarto paso consiste en hacer una lista de los posibles efectos de las fallas. Estas descripciones deben incluir toda la información necesaria para la evaluación de las consecuencias, tal como:

- ¿Qué evidencia existe de que la falla ha ocurrido?
- ¿En qué formas la falla amenaza a la seguridad o al ambiente?
- ¿En qué formas afecta a la producción o las operaciones?
- ¿Qué daños puede causar la falla?
- ¿Qué debe ser hecho para reparar las fallas?

Un estudio industrial detallado en promedio puede dar de tres a diez mil modos de falla posibles. Cada una de estas fallas afecta a la organización en alguna forma, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Se puede ver afectada la producción, pero también la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el ambiente. También costará dinero y tiempo para ser reparadas.

Son estas consecuencias las que más fuertemente influyen la intensidad con que se trata de prevenir la falla. En otras palabras, si la falla tiene consecuencias serias, se trata de evitarla con mayor énfasis. Por el otro lado, si la falla tiene poco o ningún efecto, es posible que se decida no practicar ninguna rutina de mantenimiento adicional a la limpieza básica y la lubricación.

Una fortaleza de este enfoque es que se reconoce que las consecuencias de las fallas son mucho más importantes que sus características técnicas. De hecho, se reconoce que la única razón para realizar cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar la falla per se, sino evitar o al menos reducir sus consecuencias. Las consecuencias pueden ser clasificadas en cuatro grupos:

- **Consecuencias operacionales.** Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (cantidad producida, calidad, servicio al cliente o costos operativos adicionales al costo de reparación).
- **Consecuencias ocultas.** Las consecuencias ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias.
- **Consecuencias en materia de seguridad o protección al ambiente.** Una falla tiene consecuencias en materia de seguridad si puede herir o matar a

alguien. Tiene consecuencias contra el ambiente si puede conducir al rompimiento de cualquier estándar corporativo, regional, nacional o internacional.

- **Consecuencias no operacionales.** Fallas evidentes que no afectan ni a la seguridad ni a la producción, así que involucran solamente el costo directo de reparación.

El procedimiento a implantar debe tomar el análisis de consideración de consecuencias de fallas como un marco estratégico de toma de decisiones. Al efectuar la revisión de las consecuencias de cada modo de falla en términos de las categorías anteriores, se integran los objetivos de producción, seguridad y medio ambiente con los de la función del mantenimiento.

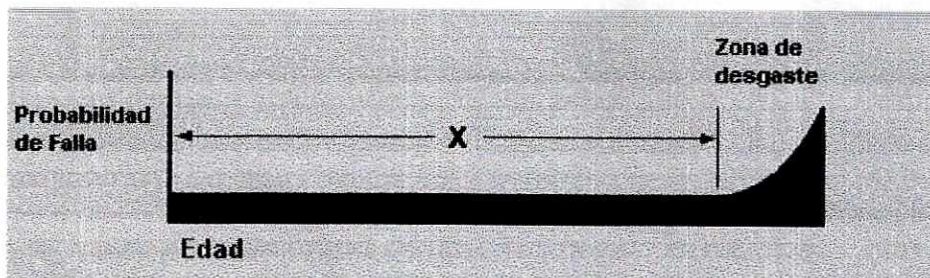
Una consecuencia del proceso de evaluación de las consecuencias es que cambia la idea de que todas las fallas son malas y deben ser prevenidas. Al hacerlo, se enfoca la atención en las actividades de mantenimiento que tienen más efecto en el desempeño de la organización y quita energía de aquellas que tienen poco o ningún efecto.

#### **(5). Selección de procedimientos**

La administración de las fallas puede clasificarse en dos grandes grupos: las tareas proactivas y las acciones por omisión. Las tareas proactivas son

aquellas que se toman antes de que la falla ocurra, con el objetivo de prevenir que un equipo entre en un estado de falla. Estas incluyen los mantenimientos tradicionalmente denominados predictivo y preventivo. Las acciones por omisión son aquellas que intervienen en un estado de falla y son escogidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva. Estas incluyen la búsqueda de fallas, el rediseño y la utilización hasta la falla.

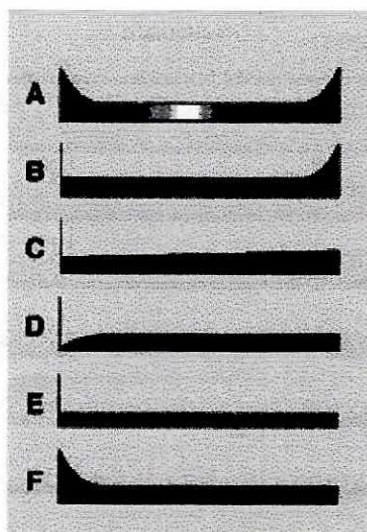
Mucha gente continúa creyendo que la mejor forma de optimizar la disponibilidad de una planta es hacer algún tipo de mantenimiento proactivo en una base rutinaria. A partir de la Segunda Generación se tuvo la creencia de que esta debe consistir en una serie de overhauls y reemplazos de componentes en intervalos fijos. La siguiente figura ilustra el concepto tras esta idea.



Esta figura se fundamenta en la suposición de que la mayor parte de los equipos operan confiablemente por un período de tiempo y luego se descomponen. El pensamiento clásico sugiere que la información extensiva acerca de la falla permitirá determinar la vida media y así poder adelantarse al período de falla para evitarla.

Este modelo es adecuado para cierta clase de equipo simple y algunos un poco más complicados. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde el equipo entra en contacto directo con el producto. Con la presencia de fallas relacionadas con la edad asociadas con la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.

Sin embargo, la maquinaria en general es mucho más compleja de lo que era hace veinte años. Esto llevó a la elaboración de otros modelos de falla como se ilustra en la siguiente figura, donde se muestra la probabilidad de falla contra la edad de operación de una variedad de equipo eléctrico y mecánico.



Por ejemplo, algunos estudios realizados en equipo de aviación indican que 2% del equipo funciona con el patrón A, 2% con el B, 5% con el C, 7% con

el D, 14% con el E y no menos de 68% con el F. Estos números no son necesariamente iguales en la industria, pero a medida que los equipos se vuelven más complejos, sin duda alguna se encuentran más que concuerdan con los patrones E y F.

Estos estudios contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre confiabilidad y edad de operación. Esta idea condujo a la creencia de que mientras más frecuentemente se practique un overhaul a un equipo, su confiabilidad se incrementa. En la actualidad, esto es raramente cierto. A menos que domine un modo de falla relacionado con la edad, esto es falso. De hecho, los overhauls programados pueden realmente incrementar las frecuencias de falla al introducir mortalidad infantil en equipos que de otra manera eran sistemas estables.

Como se mencionó anteriormente, las acciones por omisión son aquellas que intervienen en un estado de falla cuando no se encuentra ninguna tarea proactiva adecuada. Estas incluyen el hallazgo de fallas que involucra la revisión periódica de funciones para determinar cuándo están fallando, el rediseño que involucra el cambio de la configuración actual del sistema y la utilización hasta la falla que incluye aquellas tareas que se realizan para reparar, pero donde no se ha hecho ningún esfuerzo por prevenir o predecir la falla.

### **(a). Tipos de mantenimiento**

El mantenimiento puede ser clasificado según la naturaleza de las tareas desempeñadas y el enfoque del grupo de trabajo. En la práctica, los tipos de mantenimiento están mezclados y no es posible encontrar un sistema en el que se lleve a cabo un solo tipo de mantenimiento. La clasificación es la siguiente:

- **Mantenimiento Correctivo**

Este tipo de mantenimiento está dirigido a la reparación de fallas. En él el mantenimiento se enfoca en la corrección o reparación de fallas. Este método no protege a las plantas de paros inesperados y forzosos. Además, requiere un gran inventario de repuestos para que las máquinas puedan ser reparadas sin un largo tiempo de espera por ordenar y despachar los repuestos cruciales.

- **Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento está dirigido por programación o tiempo. En él el mantenimiento se enfoca a la protección de la maquinaria desmantelándolas de acuerdo a un programa y reemplazando las partes sea o no indispensable. Este método reduce los tiempos muertos no programados, pero aún requiere un gran inventario de repuestos.

- **Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento está dirigido por monitoreo de la condición de los equipos. En él, el mantenimiento se enfoca en la realización de tareas cuando estas son necesarias. Así, se reducen tanto los tiempos muertos no programados, como el inventario de repuestos. Entre sus ventajas está la predicción de fallas, la asistencia en la determinación de la confiabilidad de un equipo, el ahorro de recursos al basarse en requerimiento y no en una base temporal.

#### **4. Organización en un departamento de mantenimiento**

Como ya se ha descrito, las nuevas tendencias en la administración del mantenimiento buscan involucrar a toda la comunidad industrial en las labores de mantenimiento. Puede decirse que el movimiento del Mantenimiento Productivo Total (o TPM por sus siglas en inglés), podría ser descrito como Mantenimiento Participativo Total, ya que es precisamente este aspecto el que involucra un cambio en la cultura de la organización. La idea del héroe popular que salva a la empresa de la catástrofe cuando logra reparar una avería en algún equipo, simplemente debe ser parte del pasado.

Las políticas de mantenimiento deben ser formuladas por la gente más cercana a los bienes. El papel que debe jugar la administración es el de

proveer las herramientas necesarias para que los involucrados tomen las decisiones adecuadas. La planeación tradicional del departamento de mantenimiento tenía como responsabilidad principal la creación de programas para todos los equipos de la planta. Los planificadores de mantenimiento destinaban cantidades significativas de tiempo y energía para estos planes. Sin embargo, los intentos morían cuando llegaban a las áreas productivas debido a que generalmente los planificadores estaban fuera de contacto con el equipo por lo que no tenían un entendimiento adecuado de sus funciones, modos, efectos y consecuencias de falla y por ello sus planes eran vistos como incorrectos o totalmente irrelevantes.

Además, la gente en la fábrica tendía a ver las programaciones como papeleo que aparecía desde algún lugar lejano y desaparecía después que era firmado. Muchos de ellos aprendieron que era más fácil simplemente firmar los controles y mandarlos de vuelta, en lugar de tratar de realizarlos.

La única manera de resolver los problemas de invalidez técnica y falta de propiedad es involucrar a los operadores directamente en el proceso de formulación de la estrategia de mantenimiento. Esto se debe a que ellos son los que realmente entienden cómo funciona el equipo, cómo se descompone, cómo afecta cada falla y qué debe hacerse para componerlo.

La mejor manera de recopilar su conocimiento en una base sistemática es arreglar una serie de reuniones para que participen formalmente. Sin embargo, es esencial asegurarse de que estas reuniones no terminarán como conclusiones inútiles.

A un ritmo que concuerde con la estrategia escogida, el proceso tomará en cuenta alrededor de 60% de las máquinas más importantes. Los supervisores, operarios y mecánicos decidirán juntos cuál será la siguiente máquina a ingresar al proceso. También asignarán a las personas que conformarán el equipo para el proyecto en particular. Los equipos normalmente se componen de seis a ocho personas. Los operadores de máquinas juegan un papel muy importante en el proceso.

Los operadores guiarán al equipo a resolver los aspectos más importantes que tienen en el trato diario con la máquina. Ellos muestran cómo puede ser mejorada la máquina para que su operación sea más cómoda y segura. Ellos se convierten en clientes y proveedores del programa, así como "dueños" de sus máquinas.

Al inicio, los equipos pueden componerse de uno o dos operadores y un supervisor del área de producción, un mecánico, un electricista y el supervisor del área de mantenimiento. A medida que el programa se desarrolla, los

departamentos de producción se involucran más, hasta el punto en que se componen los equipos de cinco o seis elementos de producción y un coordinador de mantenimiento. Serán apoyados eventualmente, pero en periodos cortos, por el personal de mantenimiento que puedan requerir para una tarea determinada. El entrenamiento será impartido a estos equipos por separado en cinco o seis sesiones de una hora.

Como resultado del entrenamiento, el equipo desarrolla la implementación de un plan que consiste en limpieza, reacondicionamiento, lubricación y algunas modificaciones que se crean pertinentes en las máquinas para hacer la rutina diaria del operador más conveniente.

Estas modificaciones pueden ser hechas para prevenir que el equipo se ensucie o dañe por agentes externos como lluvia, polvo, salpicaduras u otras formas de contaminación. Cuando estas modificaciones implican cambios estructurales o ingenieriles, la gente experimentada de otros departamentos o de fuentes externas puede involucrarse.

## **5. Control en el mantenimiento**

El control en un departamento de mantenimiento no debe circunscribirse a las hojas de control de procedimientos de mantenimiento y revisiones

periódicas que se puedan encontrar en una fábrica. Es necesario que los administradores de mantenimiento cuenten con una formación gerencial que les permita medir el desempeño del departamento a su cargo para tener instrumentos que les ayuden a obtener el apoyo de la alta gerencia que requieren.

En general, no existe consenso en cuanto a los parámetros con que se debe medir el desempeño del departamento de mantenimiento. Algunos administradores cuentan el tiempo neto de trabajo, otros las horas extra, o el número de órdenes de trabajo completadas y otros simplemente caminan a través de la fábrica para asegurarse de que todos estén trabajando.

En una profesión donde los minutos de paro pueden ser traducidos a miles de dólares, es alarmante que no exista un estándar, basado en números para medir el desempeño. Sin un enfoque orientado a los negocios, se perpetúa la creencia entre los administradores que el costo de mantenimiento es indefinido. Cada año los presupuestos suben un cierto porcentaje, pero nadie está seguro por qué se incrementan.

Una de las razones por las que el mantenimiento tiene tanta dificultad para obtener recursos es porque realmente tienen poca credibilidad por no contar con una forma de medir tangiblemente su retorno.

### a. Parámetros para la medición del desempeño

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

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

- **Porcentaje de la capacidad utilizada** .

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

El conocimiento de la capacidad utilizada es vital, particularmente si se esta considerando una expansión de la planta. Una utilización del 60% indica que 40 % de la inversión de la planta no está siendo usada.

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

$$\text{Disponibilidad real} = (92 \text{ hrs}) \div (100 \text{ hrs}) = 92 \%$$

Las 8 h de "capacidad perdida" deben ser recuperadas, usualmente en el fin de semana o un tercer turno. Las organizaciones de clase mundial exceden 97% de disponibilidad real.

- **La contribución del mantenimiento al costo por unidad de producción.**

Costo unitario de mantenimiento = costo total de mantenimiento mensual  
÷ producción mensual

El costo total de mantenimiento incluye el costo de la mano de obra, horas extra, valor de depreciación de los materiales de mantenimiento y repuestos, valor de depreciación de los sistemas que redundan en la planta y todos los otros factores que puedan ser atribuibles al mantenimiento.

- **Efectividad del costo de mantenimiento.**

Este es un enfoque dirigido al presupuesto que comienza con el establecimiento de un costo de mantenimiento unitario teórico. Esto permite establecer un presupuesto que refleja los objetivos de producción.

Efectividad del costo de mantenimiento = costo unitario teórico ÷ costo unitario  
real \* 100

- **Costo de mantenimiento relativo a las ventas totales.**

En industrias norteamericanas los valores encontrados son:

Industria automotriz 6%, procesos químicos 8%, electrónica 3%, herramientas y fabricación de metales 5%, papel 9%, producción de petróleo 9%, metales primarios 10% y plásticos 10%.

- **Costo de mantenimiento como porcentaje del costo de reemplazo.**

Este mide la inversión de la planta en mantener sus equipos. Como regla general, las compañías deberían ser capaces de documentar los valores de depreciación de sus plantas, que son casi el 50% del presupuesto total de mantenimiento. Si no, probablemente están gastando mucho tiempo en actividades preventivas y reactivas versus actividades predictivas y proactivas.

- **Costos originados por el rechazo de producto por motivos de calidad originado por fallas en mantenimiento.**

Las compañías de clase mundial tienen valores inferiores al 9%.

- **Porcentaje de órdenes de mantenimiento repetidas en menos de un año.**

Las compañías de clase mundial alcanzan valores de 3% y están intentando llegar al 0%.

- **El porcentaje redundante de sistemas en la planta.**

A pesar de que siempre se requieren algunos sistemas redundantes en algunas aplicaciones, las plantas más avanzadas tienen una redundancia relacionada al mantenimiento de 4%.

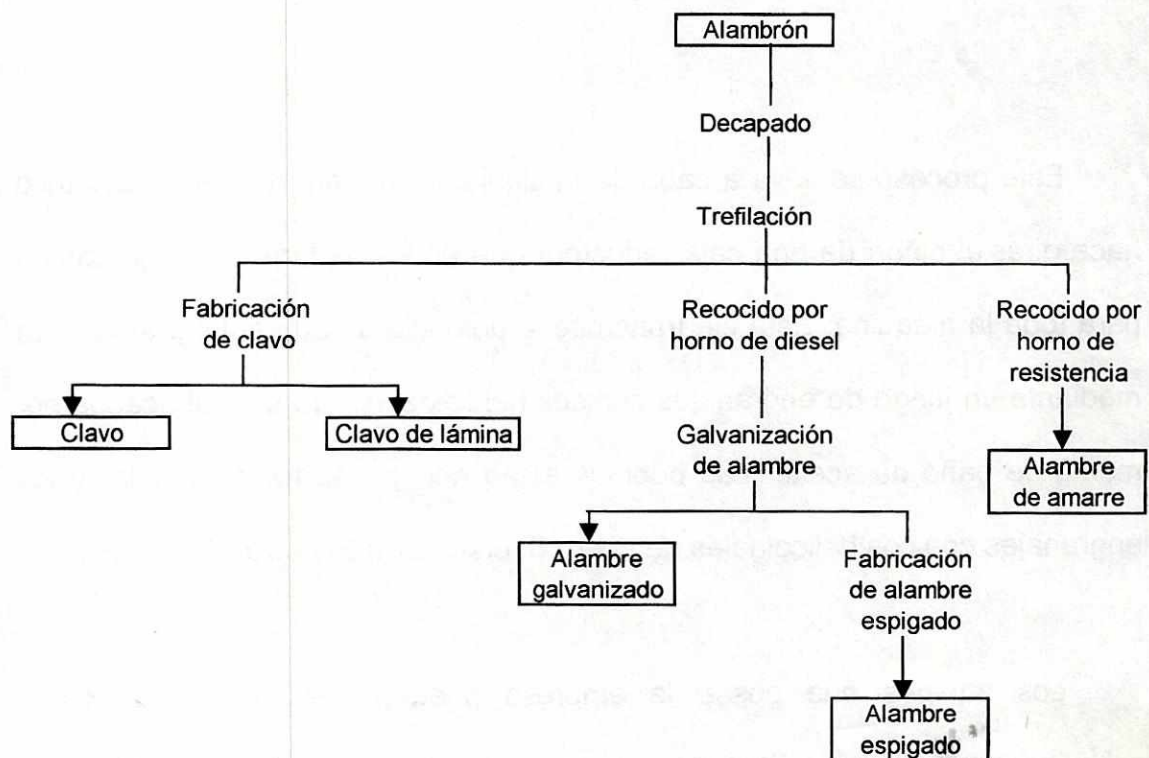
## **B. Descripción de los procesos y su maquinaria**

La planta que es objeto de este trabajo es una transformadora de productos trefilados. Como materia prima tiene alambre laminado o alambón de diámetros menores a 8 mm. de acero 1008.

El alambón debe recibir un tratamiento preparatorio de decapado previo a su ingreso al proceso de trefilación. La eliminación de cascarilla y otros residuos del proceso de laminación permite obtener menos fallas en el proceso de trefilar y evita parcialmente el desgaste de las piedras trefiladoras.

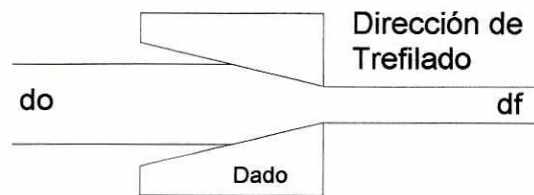
En esta planta el decapado es de tipo químico, y se utiliza ácido sulfúrico para el efecto. El único equipo mecánico usado en esta parte es una grúa tipo puente marca Demag. Sin embargo, las máquinas trefiladoras están equipadas con un sistema de rodillos y cepillo de alambre capaz de decapar mecánicamente, como etapa adicional al decapado químico o en sustitución del mismo en situaciones especiales.

Como primer paso se reduce el diámetro del alambroón por medio de trefilación. El alambre resultante se encuentra endurecido en este punto por el trabajo en frío al que ha sido objeto. Luego, se pueden tomar tres opciones, producir directamente clavo del alambre endurecido, recocer el alambre en hornos de resistencia para venderlo como alambre de amarre o producir alambre galvanizado al recocer previamente el alambre con un horno de diesel. El alambre galvanizado sirve como producto final y para la fabricación de alambre espigado. El siguiente esquema ilustra los procesos que se realizan en la planta



## 1. Proceso de trefilación

El proceso de trefilado, o alambrado como también es conocido, consiste en la aplicación de tensión a un alambre con la finalidad de hacerlo pasar a través de un dado para producir una menor sección transversal.

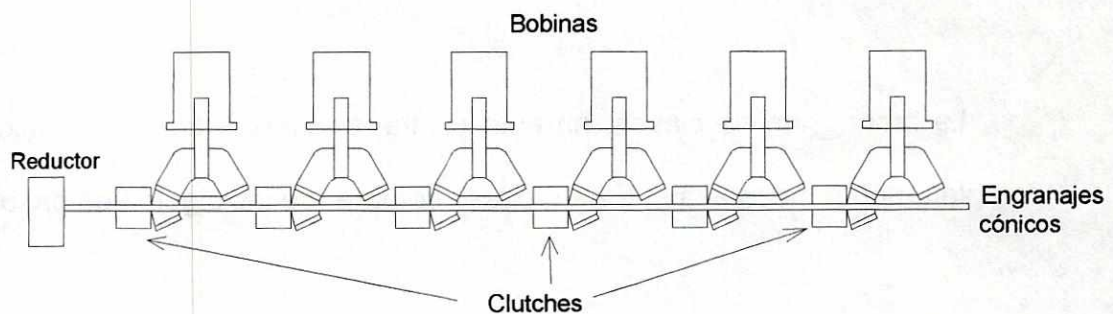


Este proceso se lleva a cabo de la siguiente manera: un motor eléctrico hace girar el piñón de una caja reductora que está acoplada a un eje común para toda la máquina. Este eje transmite la potencia a cada bobina trefiladora mediante un juego de engranajes cónicos helicoidales que son lubricados por medio de baño de aceite. Las bobinas están hechas de hierro nodular y los engranajes cónicos helicoidales de acero Sverker 21 o Especial K.

Los equipos que posee la empresa pueden ser clasificados como máquinas trefiladoras múltiples, ya que cuentan con seis bobinas trefiladoras

cada una. La sección de trafilación cuenta con nueve máquinas trafiladoras y tiene una capacidad productiva de 1575 Tm mensuales.

Las bobinas trafiladoras aplican la tensión necesaria al alambre y lo enrollan después que este ha pasado por un dado que reduce su área transversal. Los dados son precedidos por una caja que contiene polvo para trafilar que funciona como lubricador para prolongar su vida y dos poleas que se utilizan para tensar el alambre. Ambas poleas son fabricadas de fundición gris.



**Esquema de una  
máquina trafiladora**

Cada bobina trafiladora 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 la presencia de un freno.

Las bobinas trefiladoras son enfriadas internamente. El claro entre el anillo de enfriamiento estacionario y la bobina rotativa está lleno con agua. El efecto de enfriamiento es resaltado por la gran velocidad del agua. El sistema de enfriamiento no requiere mantenimiento. El enfriamiento de cada bobina puede ser aislado por medio de válvulas de cierre independientes.

Los dados de trefilar son enfriados indirectamente por medio de un sistema adicional. Los elementos de control permiten que el agua de enfriamiento sea controlada independientemente.

## **2. Producción de clavos**

La fabricación de clavos, en esta planta, se lleva a cabo con máquinas completamente mecánicas. Este proceso comprende los siguientes pasos:

- Introducción de alambre del calibre seleccionado a un largo ajustable por el operador
- Sujeción del extremo de trabajo del alambre
- Corte del alambre por medio de dos cuchillas
- Formación de la cabeza por medio de un impacto con el macho
- Avance del alambre
- Corte final en forma de punta con las mismas dos cuchillas

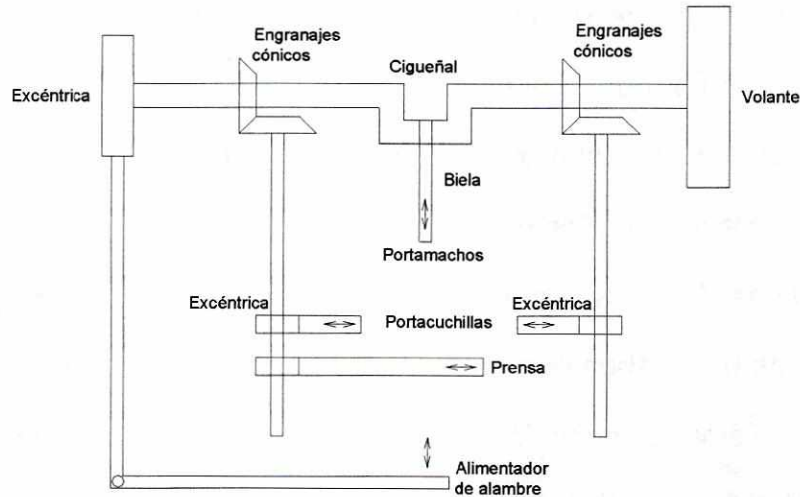
- Liberación del clavo ya formado
- Expulsión del clavo

Las máquinas de clavo consisten en un mecanismo complejo que realiza todas las funciones de manera sincronizada. El accionamiento es eléctrico a través de un motor que transmite la potencia por medio de fajas a un volante que hace girar al eje principal. Este eje tiene dos engranajes cónicos que accionan dos ejes laterales que mueven los portacuchillas con un mecanismo de excéntricas. Además, uno de los ejes tiene una leva que acciona la prensa por medio de un eslabón que está pivotado y que mueve lateralmente la parte móvil de la misma. Es decir, la prensa está conformada por una parte fija y una parte móvil que ejerce la presión sobre el alambre.

El mismo eje principal tiene un cigüeñal en su parte central que da movimiento por medio de una biela al portamachos, que forma la cabeza del clavo por impacto. En la parte final del eje, se encuentra una excéntrica que da movimiento al mecanismo que alimenta el alambre a la máquina. La distancia de la excéntrica es variable, por lo que las máquinas pueden producir clavos de diversos largos.

El mecanismo de rastrillo que expulsa los clavos ya terminados se encuentra en la parte inferior del portamachos.

La sección de clavos cuenta con 17 máquinas capaces de fabricar clavos de diferentes medidas, que se encuentran entre ½ y 8" de largo, para un total de 275 Tm mensuales.



Esquema de una máquina de clavo

### 3. Galvanización de alambre

La galvanización consiste en el proceso de formación de una capa de recubrimiento de una superficie metálica con zinc o alguna aleación de zinc con el objeto de retardar el proceso natural de corrosión.

El primer paso para la galvanización es el recocido del alambre. Para ello se utiliza un horno de diesel con su respectivo quemador. Luego se enfría el

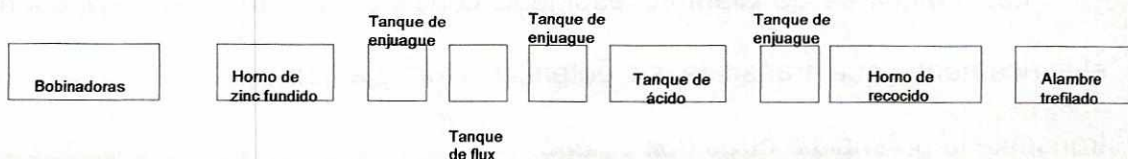
alambre con un baño de agua, para evitar el deterioro de los químicos utilizados en el proceso.

Un aspecto crítico del proceso es la preparación de la superficie para lograr una adhesión adecuada del zinc. Para ello se utiliza un baño de ácido clorhídrico, seguido por uno de agua, uno de fundente y otro de agua.

Finalmente, la capa de zinc es aplicada al alambre en un horno de diesel que contiene zinc fundido.

Para enrollar el alambre galvanizado se utilizan unas máquinas que dan la tracción necesaria para todo el proceso y que cuentan con un motor único y varias bobinas acopladas a un mismo eje.

La sección de galvanización de alambre tiene una capacidad de producción instalada de 455 Tm mensuales



Distribución de la  
planta de galvanización

#### **4. Fabricación de alambre espigado**

El alambre galvanizado puede ser destinado para la venta como producto terminado o como materia prima para la fabricación de alambre espigado.

Para producir alambre espigado se utilizan cuatro rollos de alambre galvanizado a la vez. Dos rollos son usados para los alambres centrales y los otros dos para la fabricación de las púas.

Los pasos requeridos para la producción del alambre espigado son los siguientes:

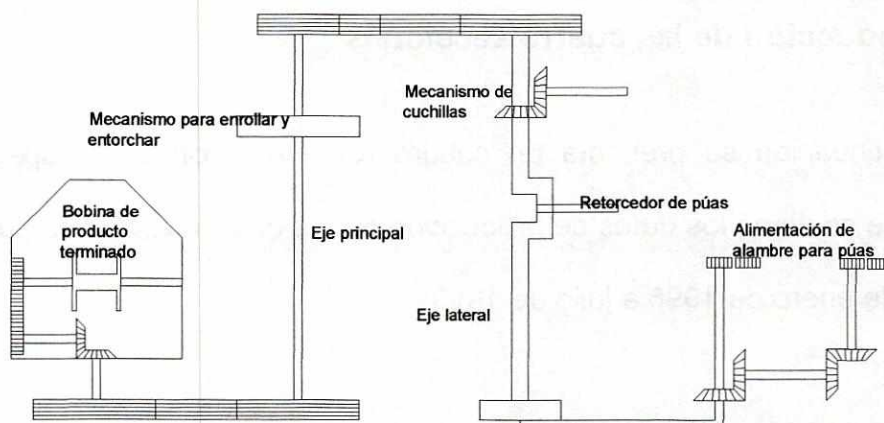
- Alimentación de los alambres de la base
- Alimentación de los alambres para las púas
- Retorcido de las púas
- Corte de las púas
- Entorchado del alambre espigado
- Enrollado del alambre espigado

Las máquinas de alambre espigado consisten en un motor accionado eléctricamente que transmite su potencia a un eje principal, que a su vez transmite la potencia a otras dos poleas.

Una de estas dos poleas hace girar la estructura que soporta la bobina que enrolla el alambre espigado haciendo que un sistema de engranajes gire con este objetivo y entorche el producto para su presentación final.

La otra polea hace que un eje gire para accionar los mecanismos del retorcedor de púas, las cuchillas y la alimentación de alambre para púas. El mecanismo retorcedor de púas es accionado por un cigüeñal en el eje antes mencionado, que gira parcialmente un engranaje recto que desplaza angularmente el mecanismo retorcedor.

El mecanismo de las cuchillas es accionado por un engranaje cónico en el eje lateral que levanta una pieza portacuchillas que se encuentra pivotada y al entrar en contacto con unas piezas fijas corta las púas ya retorcidas. Este movimiento de levante se logra mediante una excéntrica.



Esquema de una máquina de alambre espigado

El mecanismo de alimentación de alambre para púas es accionado por una excéntrica que se encuentra en un extremo del eje lateral que hace girar un eje que tiene un engranaje cónico y que además está conectado a un engranaje recto que hace girar otro igual que está presionado a él por medio de un par de muelles. El engranaje cónico transmite cierta potencia a otro eje perpendicular, que a su vez hace girar otro eje por medio de un par de engranajes cónicos. Este último eje está conectado con otro engranaje recto que hace girar un engranaje igual que se encuentra presionado a él por medio de un par de muelles. Los dos pares de engranajes rectos conforman el mecanismo de alimentación de alambre para púas, ya que al estar presionados forzan al alambre a entrar de cada lado de la máquina.

La sección de alambre espigado cuenta con 15 máquinas que tienen una capacidad de 420 Tm mensuales.

## **5. Producción de las cuatro secciones**

A continuación se presenta un cuadro resumen, con sus respectivas gráficas, que contiene los datos de producción de las cuatro secciones durante el período de enero de 1996 a julio de 1999.

En las gráficas pueden notarse que la demanda de productos sigue patrones cíclicos, lo que facilita la programación de las reparaciones mayores en períodos de baja producción.

Asimismo, al comparar la capacidad instalada y la producción promedio de cada sección, se nota que una fracción del equipo puede dejar de ser utilizada en los meses promedio con el objetivo de darle mantenimiento y asegurar así su disponibilidad en los meses de mayor demanda.

**Producción mensual en Tm**

AÑO 1996

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Trefilación	712	1,146	1,308	870	1,423	1,210	1,146	1,182	932	1,104	1,090	796
Clavo	217	267	246	224	278	289	218	237	226	241	181	173
Galvanización	321	450	450	397	485	449	449	493	477	453	416	344
Espigado	112	259	294	180	288	314	341	374	351	36	203	266

AÑO 1997

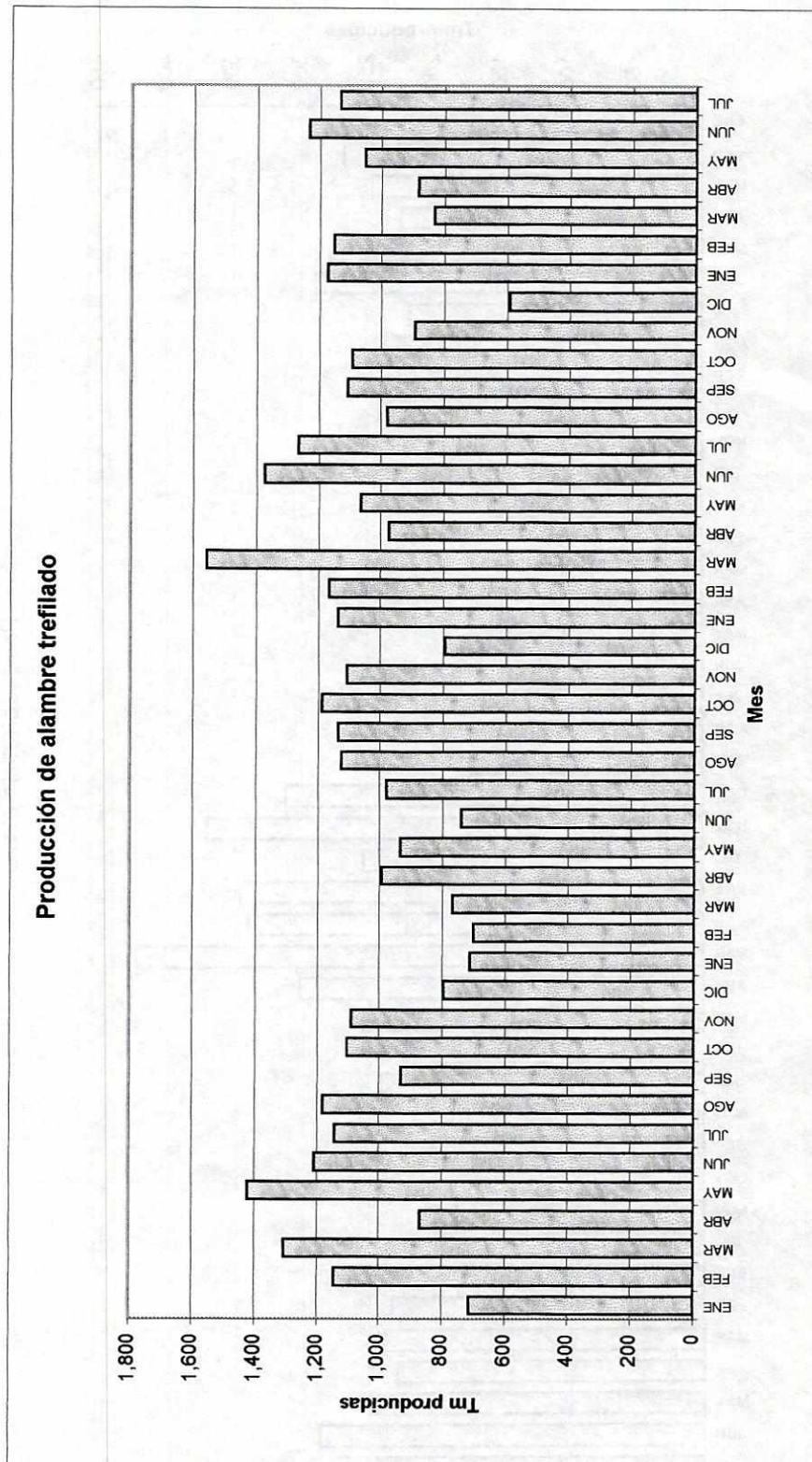
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Trefilación	712	701	767	995	935	741	979	1,126	1,137	1,189	1,106	795
Clavo	159	88	82	107	104	121	141	128	174	312	371	253
Galvanización	255	295	294	366	255	233	428	468	440	367	351	76
Espigado	207	197	152	205	278	277	233	242	265	344	297	182

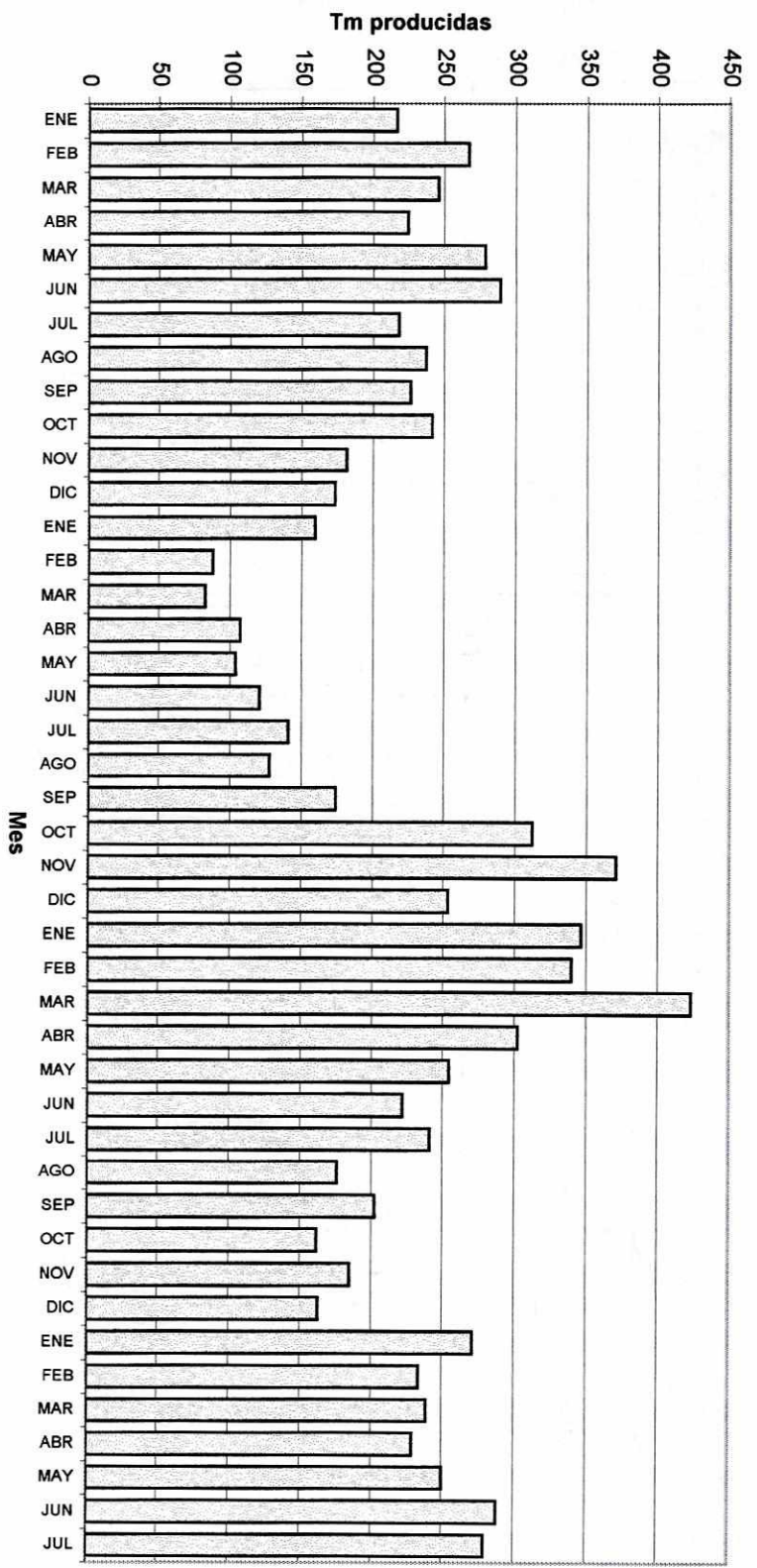
AÑO 1998

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Trefilación	1,139	1,168	1,557	974	1,064	1,374	1,267	980	1,107	1,093	892	594
Clavo	346	340	423	302	254	222	241	176	202	162	185	163
Galvanización	0	186	431	222	464	411	425	338	358	375	363	240
Espigado	67	187	357	210	277	330	345	334	346	284	316	219

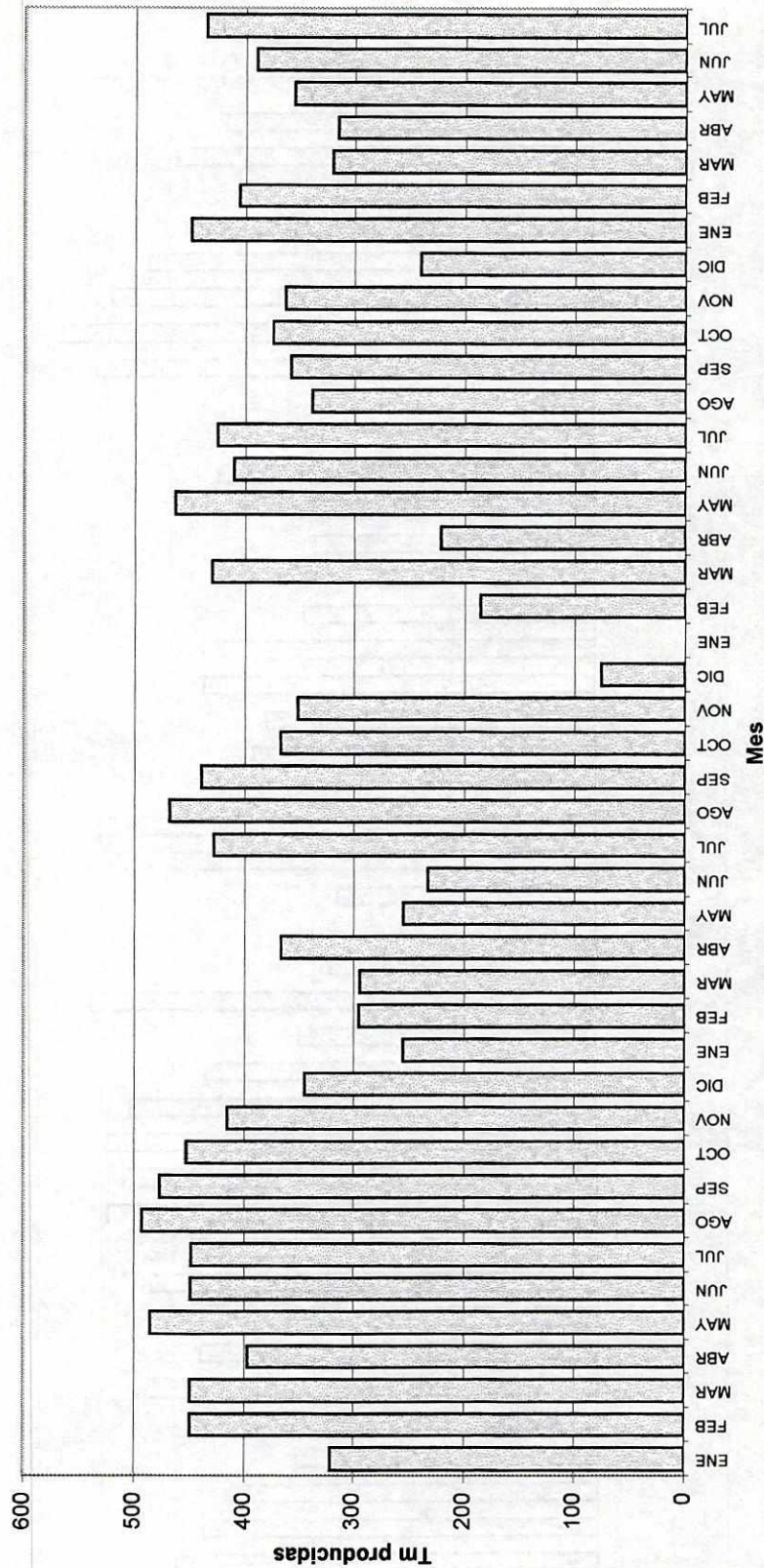
AÑO 1999

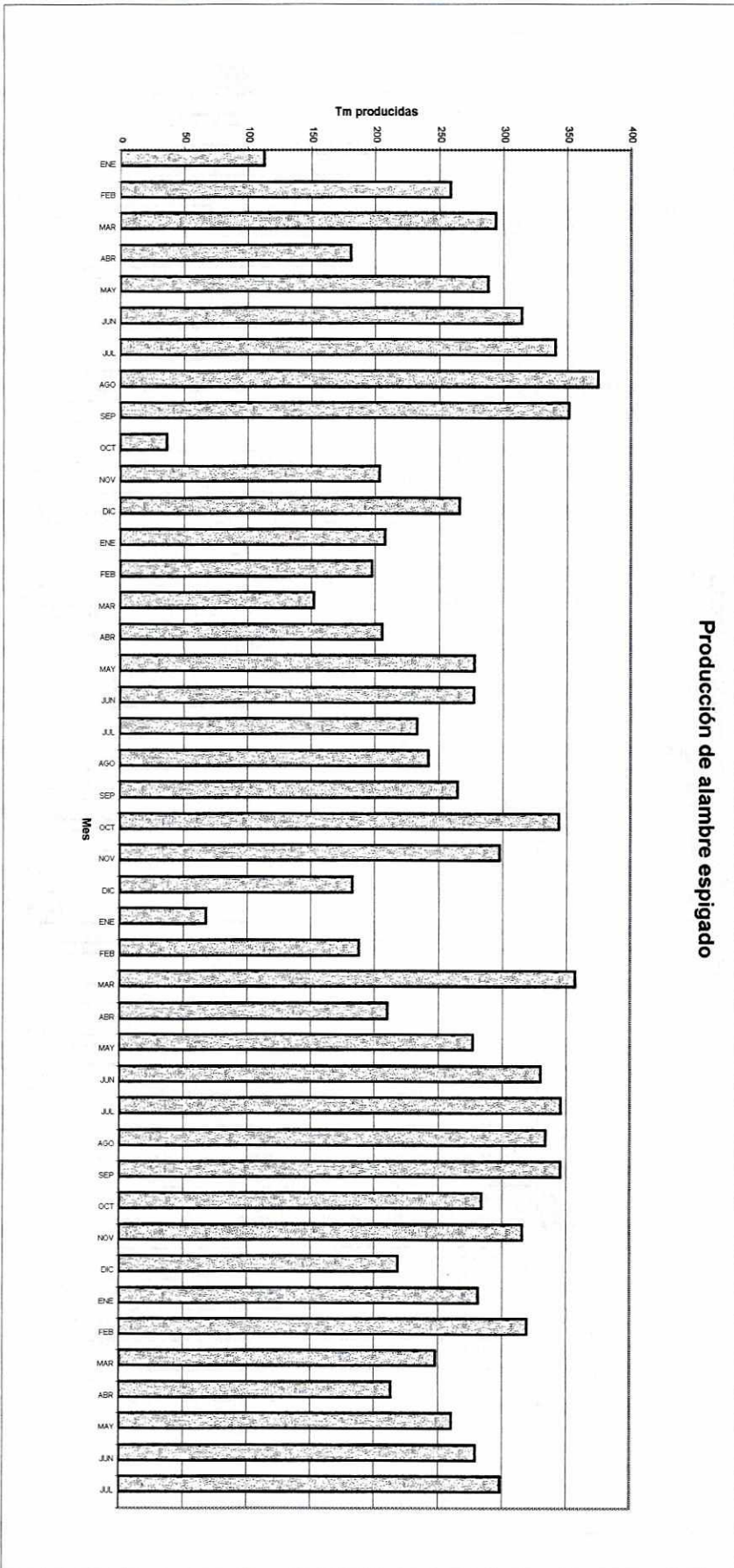
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Trefilación	1,175	1,155	832	884	1,053	1,235	1,133
Clavo	271	233	239	229	250	288	279
Galvanización	450	406	320	315	355	390	436
Espigado	281	319	248	213	261	279	298





Producción de alambre galvanizado





Producción de alambre espigado

### Comparación de la capacidad instalada y la producción promedio

Sección	Capacidad instalada	Producción promedio	% de aprovechamiento de la capacidad instalada
Trefilación	1575	1041	66%
Clavo	275	224	81%
Galvanización	455	360	79%
Espigado	420	257	61%



### **III. Propuesta del Departamento de Mantenimiento**

#### **A. Misión**

Conservar la capacidad de los equipos de la planta para fabricar productos de calidad con la mínima utilización de recursos y la mayor protección a la seguridad personal y al medio ambiente posibles.

#### **B. Objetivos**

- Asegurar la disponibilidad de los equipos para cumplir con los programas de producción.
- Estabilizar los costos de mantenimiento en el mínimo nivel.
- Involucrar a todo el personal de la planta en las tareas de mantenimiento.
- Formar un equipo asesor en el área de mantenimiento con habilidades sobresalientes.
- Eliminar las condiciones que crean la necesidad de realizar tareas de mantenimiento no planificadas.

### **C. Funciones**

- Elaborar e implementar los programas que permitan asegurar la disponibilidad de los equipos para cumplir con los programas de producción.
- Planificar las tareas de mantenimiento requeridas en la planta.
- Programar, junto con la jefatura de la planta, las tareas de mantenimiento.
- Eliminar la necesidad de tareas de mantenimiento de manera no programada.
- Recopilar sistemáticamente la información relacionada con el mantenimiento de los equipos pertenecientes a la planta.
- Entrenar a todo el personal operativo de la planta para que desempeñe correctamente las labores de mantenimiento que se le asignen.
- Formar y dirigir comisiones permanentes que sugieran mejoras en los procesos de mantenimiento de los equipos.
- Formar un equipo de asesoría de alto desempeño en materia de mantenimiento.

- Crear mecanismos de control para evaluar el desempeño de la sección.
- Controlar la existencia de repuestos relacionados con la planta que se encuentra en la bodega general de la empresa.

#### **D. Organización del departamento de mantenimiento**

El departamento de mantenimiento está organizado de manera que cumpla con su papel fundamental de asesor en esta materia. Por ello, cuenta con relativamente poco personal que debe funcionar como elemento canalizador de las ideas surgidas del personal de producción de la planta. Esta sección cuenta con los siguientes elementos:

Jefe de Mantenimiento de la Planta

Mecánicos de la Planta (6)

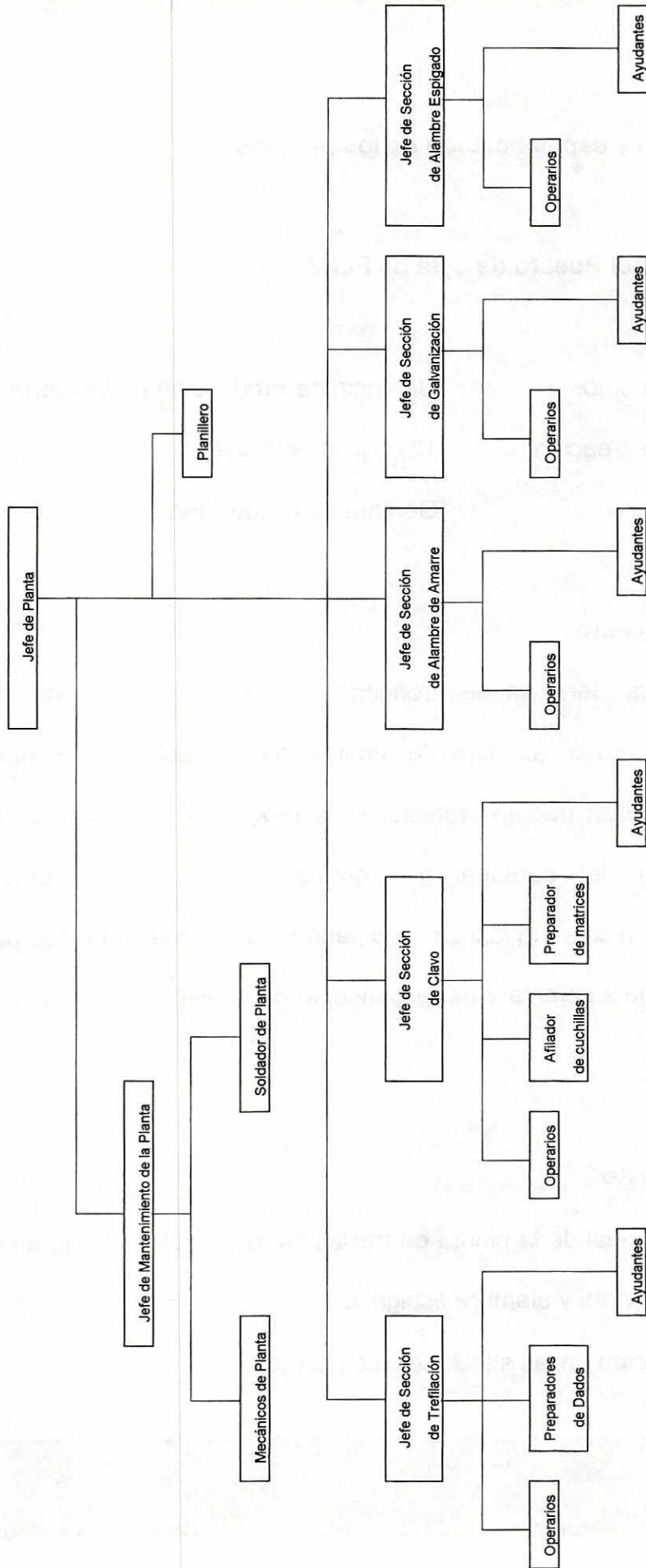
Soldador de la Planta (1)

Todos ellos conforman un equipo que interacciona continuamente con el resto del personal de la planta para servir de medios de retroalimentación a los programas de mantenimiento. Además, son los responsables de realizar aquellas

tareas de mantenimiento que requieren mayor dedicación de tiempo y que superan la capacidad del personal de producción.

A continuación se presenta el organigrama de la planta en el que se puede ver la colocación a manera de staff de los elementos de la sección. Seguidamente, se presenta una descripción de todos los puestos de la planta con el objetivo de que se evidencie la relación que todos los trabajadores tienen con las tareas de mantenimiento.

# Organigrama de la Planta



## **1. Descripción y especificación de los puestos**

### **a. Descripción del Puesto de Jefe de Planta**

Departamento	Gerencia de Producción e Ingeniería
Fecha de creación	12 de julio de 1,999
Reporta con	Gerente de Producción

#### **Definición del Puesto**

Responde ante la Gerencia de Producción por el funcionamiento de la planta de trefilación, clavo, alambre de amarre, galvanización de alambre y alambre espigado. Realiza trabajo profesional de programación y control de la producción, selección del personal y coordinación de las labores de mantenimiento de su planta. Investiga y experimenta formas innovadoras de mejorar los procesos de su planta y es responsable de la ejecución de proyectos diversos.

#### **Deberes del Puesto**

- Dirige a todo el personal de la planta de trefilación, clavo, alambre de amarre, galvanización de alambre y alambre espigado.
- Programa la producción de las secciones a su cargo.

- Realiza los controles que le permiten tener un conocimiento actualizado de la productividad de la planta.
- Coordina la utilización de materia prima disponible.
- Selecciona el personal de las secciones a su cargo.
- Coordina las labores de mantenimiento a través de la sección de mantenimiento bajo su responsabilidad.
- Reporta a la Gerencia de Producción la cantidad de producto terminado disponible en la bodega de la planta.
- Investiga la manera de mejorar los procesos de la planta.
- Se responsabiliza por la ejecución de proyectos diversos en su planta.

### **Especificación del Puesto**

- Ingeniero mecánico industrial, mecánico o industrial.
- Conocimientos sólidos de administración de la producción.
- Experiencia en manejo de personal operativo.
- Capacidad para planear y organizar en forma independiente sus propias actividades.
- Características sobresalientes de líder.
- Altamente proactivo.
- Conocimientos de computación e inglés técnico.
- Experiencia deseable en la industria metalmecánica.

**b. Descripción del Puesto de Jefe Mantenimiento de la Planta**

Departamento	Gerencia de Producción e Ingeniería
Fecha de creación	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Planta

**Definición del Puesto**

Organiza las actividades de mantenimiento de las plantas de trefilación, clavo, alambre de amarre, galvanización de alambre y alambre espigado. Planifica tales actividades y las programa junto con el jefe de planta. Dirige el equipo asesor conformado por los mecánicos y el soldador asignados directamente a su sección. Es responsable del entrenamiento de los trabajadores de estas plantas en materia de mantenimiento. Selecciona el personal de la sección de mantenimiento de la planta y colabora con el Jefe de Planta en la selección de todo el personal operativo de la misma. Coordina con los talleres de la empresa los trabajos de soldadura, máquinas y herramientas, tratamientos térmicos y electricidad que se realizan para esta planta. Investiga la manera de mejorar los procesos de mantenimiento de la planta y colabora como asesor del Jefe de la Planta en la ejecución de proyectos diversos.

**Deberes del Puesto**

- Elabora los programas de mantenimiento de las plantas de trefilación, clavo, alambre de amarre, galvanización de alambre y alambre espigado.
- Dirige a un equipo asesor de mantenimiento conformado por los seis mecánicos y un soldador a su cargo.
- Programa las tareas de mantenimiento junto con el jefe de la planta.
- Dirige las tareas de mantenimiento correctivo que se requieran en la planta.
- Selecciona el personal de la sección de mantenimiento de la planta.
- Organiza programas de entrenamiento en el área de mantenimiento para todo el personal de la planta.
- Elabora las solicitudes de trabajo a ser ejecutadas por los talleres de la empresa en las áreas de soldadura, máquinas y herramientas, tratamientos térmicos y electricidad.
- Recibe los trabajos realizados por los talleres de la empresa y verifica que cumplan con las especificaciones requeridas.
- Colabora con el Jefe de Planta en la selección de todo el personal operativo de la planta.
- Investiga la manera de mejorar los procesos de mantenimiento de la planta.
- Asesora al Jefe de Planta en la ejecución de proyectos diversos.

**Especificación del Puesto**

- Ingeniero mecánico o mecánico industrial.

- Conocimientos sólidos de administración del mantenimiento.
- Experiencia en mantenimiento y manejo de personal operativo.
- Capacidad para planear y organizar en forma independiente sus propias actividades.
- Características sobresalientes de líder.
- Altamente proactivo.
- Conocimientos de computación e inglés técnico.
- Experiencia deseable en la industria metalmecánica.

### **c. Descripción del Puesto de Mecánico de Planta**

Departamento	Sección de Mantenimiento de la Planta
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Mantenimiento de la Planta

#### **Definición del Puesto**

Ejecuta labores de mantenimiento mecánico dispuestas por el Jefe de Mantenimiento de la Planta. Realiza tanto labores de mantenimiento correctivo, como preventivo y predictivo. Conformar junto con los otros mecánicos y el soldador de planta un equipo asesor en materia de mantenimiento. Cubre las secciones de trefilación, clavo, alambre de amarre, galvanización de alambre y alambre espigado.

### **Deberes del Puesto**

- Ejecuta los programas de mantenimiento dispuestos por el Jefe de Mantenimiento de la Planta.
- Realiza labores de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.
- Integra el equipo asesor en materia de mantenimiento.
- Colabora en la ejecución de tareas y proyectos diversos a requerimiento del Jefe de Mantenimiento de la Planta.

### **Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel técnico en las áreas de mantenimiento industrial o mecánica industrial.
- Capacidad de trabajar en equipo.
- Independiente y con iniciativa.
- Capacidad de análisis.
- Capacidad para expresarse verbalmente con claridad.

### **d. Descripción del Puesto de Soldador de Planta**

Departamento	Sección de Mantenimiento de la Planta
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Mantenimiento de la Planta

### **Definición del Puesto**

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

### **Deberes del Puesto**

- Ejecuta los trabajos de soldadura requeridos en las secciones de la Planta.
- Colabora en la ejecución de tareas y proyectos diversos a requerimiento del Jefe de Mantenimiento de la Planta.

### **Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel técnico en el área de soldadura industrial.
- Dominio de los procedimientos de soldadura autógena y eléctrica.
- Conocimiento de soldadura de acero al carbono, acero inoxidable, aceros especiales y hierros fundidos.
- Capacidad de trabajar en equipo.
- Independiente y con iniciativa.
- Capacidad de análisis.
- Capacidad para expresarse verbalmente con claridad.

### **e. Descripción del Puesto de Jefe de Sección**

Departamento	Sección de Trefilación, Alambre de Amarre, Clavo, Galvanización de Alambre o Alambre Espigado
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Planta

### **Definición del Puesto**

Dirige al personal de la sección a su cargo para que los programas de producción elaborados por el Jefe de la Planta sean cumplidos. Informa al planillero de la planta sobre la cantidad de horas extra trabajadas en su sección para el pago de las mismas. Es responsable de que las tareas de mantenimiento asignadas al personal operativo de su sección sean llevadas a cabo. Controla el inventario de repuestos de la bodega de su sección. Integra una comisión permanente que recomienda mejoras en la forma de operar y darle mantenimiento a las máquinas.

### **Deberes del Puesto**

- Dirige al personal de la sección a su cargo.
- Informa al planillero la cantidad de horas extras trabajadas en su sección.
- Informa al Jefe de Planta sobre la cantidad producida en cada turno de trabajo.

- Controla la realización de las tareas de mantenimiento asignadas al personal de su sección.
- Controla el inventario de repuestos de la bodega de su sección.
- Integra una comisión permanente que recomienda mejoras en la manera de operar y dar mantenimiento a las máquinas.
- Colabora en la ejecución de tareas y proyectos diversos a requerimiento del Jefe de Planta.

### **Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel medio.
- Experiencia en dirección de personal operativo.
- Independiente, estable y con iniciativa.

### **f. Descripción del Puesto de Operario**

Departamento	Sección de Trefilación, Alambre de Amarre, Clavo, Galvanización de Alambre o Alambre Espigado
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Sección

### **Definición del Puesto**

Opera las máquinas asignadas por el Jefe de Sección que le corresponde. Ejecuta las tareas de mantenimiento de las máquinas que opera que le sean asignadas a través del Jefe de Sección. Integra a requerimiento de los Jefes de Planta y de Mantenimiento una comisión permanente que recomienda mejoras en la forma de operar y dar mantenimiento a las máquinas.

### **Deberes del Puesto**

- Opera las máquinas asignadas por el Jefe de Sección.
- Ejecuta las tareas de mantenimiento de las máquinas que opera que le han sido asignadas.
- Participa a requerimiento en una comisión que recomienda mejoras en la forma de operar y dar mantenimiento a las máquinas.
- Colabora en la ejecución de tareas y proyectos diversos a requerimiento del Jefe de Sección.

### **Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel básico.
- Experiencia en operación de maquinaria mecánica.
- Joven.

**g. Descripción del Puesto de Ayudante**

Departamento	Sección de Trefilación, Alambre de Amarre, Clavo, Galvanización de Alambre o Alambre Espigado
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Sección

**Definición del Puesto**

Ejecuta las tareas asignadas por el Jefe de Sección.

**Deberes del Puesto**

- Ejecuta las tareas asignadas por el Jefe de Sección.

**Especificación del Puesto**

- Alfabeto.
- Joven.

**h. Descripción del Puesto de Preparador de Datos de Trefilar**

Departamento	Sección de Trefilación
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Sección de Trefilación

### **Definición del Puesto**

Prepara los datos de trefilar utilizados en su sección. Integra a requerimiento de los Jefes de Planta y de Mantenimiento una comisión permanente que recomienda mejoras en la forma de operar y dar mantenimiento a las máquinas.

### **Deberes del Puesto**

- Prepara los datos de trefilar que se utilizan en su sección.
- Ejecuta tareas varias asignadas por el Jefe de la Sección de Trefilación.

### **Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel básico.
- Experiencia en el área de máquinas y herramientas.
- Minucioso, detallista y perfeccionista.
- Capacidades visuales altas.
- Conocimiento de técnicas de medición y uso de calibrador.

#### **i. Descripción del Puesto de Preparador Matrices**

Departamento	Sección de Clavo
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Sección de Clavo

**Definición del Puesto**

Prepara las matrices utilizadas en su sección. Integra a requerimiento de los Jefes de Planta y de Mantenimiento una comisión permanente que recomienda mejoras en la forma de operar y dar mantenimiento a las máquinas.

**Deberes del Puesto**

- Prepara las matrices que se utilizan en su sección.
- Ejecuta tareas varias asignadas por el Jefe de la Sección de Clavo.

**Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel básico.
- Experiencia en el área de máquinas y herramientas.
- Minucioso, detallista y perfeccionista.
- Capacidades visuales altas.
- Conocimiento de técnicas de medición y uso de calibrador.

**j. Descripción del Puesto de Afilador de Cuchillas**

Departamento	Sección de Clavo
Fecha de realización	12 de julio de 1,999
Reporta con	Jefe de Sección de Clavo

### **Definición del Puesto**

Afila las cuchillas utilizadas en la sección de clavo y alambre espigado. Integra a requerimiento de los Jefes de Planta y de Mantenimiento una comisión permanente que recomienda mejoras en la forma de operar y dar mantenimiento a las máquinas.

### **Deberes del Puesto**

- Afila las cuchillas utilizadas en la sección de clavo y alambre espigado.
- Ejecuta tareas varias asignadas por el Jefe de la Sección de Clavo.

### **Especificación del Puesto**

- Egresado de nivel básico.
- Experiencia en el área de máquinas y herramientas.
- Minucioso, detallista y perfeccionista.
- Capacidades visuales altas.
- Conocimiento de técnicas de medición y uso de calibrador.

## **2. Descripción de los recursos necesarios**

### **a. Recursos Humanos**

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1 | Jefe de Mantenimiento de la Planta |
| 6 | Mecánicos de la Planta             |
| 1 | Soldador de la Planta              |

## **b. Recursos Técnicos**

### **Computadora e impresora**

Servirán para la elaboración de órdenes de trabajo, formatos y reportes y para tener una base de datos actualizada de los componentes de los equipos de la planta.

### **Mobiliario de oficina**

Se necesitará un escritorio, una silla y un archivo para las labores del Jefe de Mantenimiento de la Planta.

### **Materiales de oficina**

Continuamente se estarán utilizando materiales de oficina como hojas, lapiceros, lápices, reglas, instrumentos de dibujo, etcétera.

### **Cajas de herramientas**

Cada uno de los mecánicos debe contar con herramienta propia para aprovechar de manera eficiente el tiempo de trabajo. Las cajas de herramientas que se les asignarán deben contar con llaves de cola, llaves de corona, desarmadores, copas, alicates, cuchillas, llaves Allen, cinta de aislar, cinta métrica, calibrador Vernier y otras herramientas cuya necesidad se evidenciará a lo largo del trabajo.

### **Equipo de soldadura**

Será requerido un equipo completo de soldadura autógena y otro equipo completo de soldadura eléctrica para utilizarlo con corriente alterna y continua.

### **Equipo de seguridad personal**

Se necesitará equipo de protección personal para evitar accidentes durante el trabajo y daños por la exposición continua a agentes extraños. Entre los elementos que se necesitarán se encuentran los siguientes:

- Mascarillas
- Guantes
- Cascos
- Careta para soldar
- Gabacha para soldar
- Mangas para soldar
- Zapatos con puntera de acero
- Tapones de oídos
- Lentes de seguridad

### **Otros equipos**

Como parte de las labores propias de los elementos de mantenimiento se necesitarán equipos como escaleras, lazos, cables, fajas, almadana, linternas,

extensiones eléctricas, barreno, pulidora, escuadras y otros cuya necesidad se evidenciará a medida que se realicen los trabajos.

### **E. Control en la sección de mantenimiento**

Aparte de las hojas de control y de ejecución de tareas que emanarán del programa de mantenimiento, es recomendable que se cuente con estadísticas actualizadas para medir el desempeño de la sección. Específicamente, el jefe de mantenimiento de la planta calculará periódicamente los siguientes parámetros:

- Tiempo de capacidad requerida
- Porcentaje de la capacidad utilizada
- Disponibilidad real de los equipos
- Costo unitario de mantenimiento
- Efectividad del costo de mantenimiento
- Costos de mantenimiento relativo a las ventas totales
- Porcentaje de órdenes de mantenimiento repetidas en menos de un año
- Porcentaje de trabajos de mantenimiento no planificados
- Relación entre el tiempo extraordinario y el ordinario de trabajo

Además, se deberá llevar un registro actualizado de las tareas de mantenimiento realizadas en cada una de las máquinas de la planta a fin de tener un instrumento de trabajo para futuras decisiones.



## **IV. Programa de mantenimiento preventivo**

### **A. Metodología del Programa de Mantenimiento**

La elaboración del programa de mantenimiento comprende las siguientes etapas:

- Codificación de los componentes
- Definición de la función de los componentes
- Determinación de las fallas funcionales
- Determinación de los modos de falla
- Análisis de las consecuencias de las fallas
- Selección de tareas a ejecutar

Cada uno de estos pasos fue realizado con la ayuda y retroalimentación del personal operativo de la planta que aportó el conocimiento y las ideas necesarias para que el programa contenga tareas apegadas a las necesidades reales de la maquinaria y se cuente con el apoyo de las personas encargadas de ejecutar las labores programadas.

## 1. Codificación de los componentes

La codificación de los equipos se realizó al utilizar un código alfanumérico para cada componente. El código alfanumérico se compone de una o dos literales y cinco dígitos que significan lo siguiente:

- Literales, tipo de equipo
- Primer y segundo dígitos, número de máquina
- Tercer dígito, número de sección de la máquina
- Cuarto y quinto dígitos, número de componente

Por ejemplo, a la polea del reductor de la máquina trefiladora No. 3 se le asigna el código T 03 204, que tienen el siguiente significado

T	Trefilación
03	Máquina No. 3
2	Tren motriz
04	Polea del reductor

## **2. Definición de la función de los componentes**

La definición de la función de los componentes consiste en la descripción del papel que se espera desempeñe cada componente en la máquina. Este paso es importante, ya que ayuda a la posterior definición de las fallas funcionales.

## **3. Determinación de las fallas funcionales**

En este paso se describe todas las formas en que un componente puede dejar de cumplir con su función.

## **4. Determinación de los modos de falla**

Aquí se determinan todas las causas posibles que pueden ocasionar una falla funcional.

## **5. Análisis de las consecuencias de las fallas**

En este punto se estudian las consecuencias de las fallas y se clasifican en operacionales, ocultas, de seguridad o protección al ambiente y no operacionales, asignando un código de acuerdo a la seriedad de las mismas según los siguientes significados.

MA	Muy alto
A	Alto
M	Medio
B	Bajo

Además se utiliza un sistema de priorización de número único que analiza todas las consecuencias en su conjunto.

En este programa en particular se presenta una tabla que contiene el código del componente, su función, sus fallas funcionales, modos de falla y las consecuencias de la misma en forma resumida.

## **6. Selección de tareas a ejecutar**

Para la selección de tareas programaron inspecciones, lubricaciones y revisiones de funcionamiento en períodos de tiempo fijos. A partir de los reportes que emanen de los mecánicos y los operadores de las máquinas, se programarán tareas de mantenimiento correctivo tomando las acciones necesarias para no perjudicar el ritmo de producción.

Además, las máquinas trefiladoras y las de alambre espigado serán sujetas a una reparación general de acuerdo a un período de tiempo fijo.

En las tablas de tareas programadas de mantenimiento aparecen las siguientes abreviaciones:

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

**B. Tablas de análisis de falla de los equipos y tablas de tareas programadas de mantenimiento**

**Tabla 1.....Sección de Trefilación**

**Tabla 2.....Sección de Clavo**

**Tabla 3.....Sección de Galvanización de  
Alambre**

**Tabla 4.....Sección de Alambre Espigado**

**Tabla 5.....Programa de Lubricación**

Sección de Trefilación  
Análisis de falla de los equipos

Código	Componente	Función	Fallas Funcionales													Modos de Falla							Consecuencias			Prioridad				
			Falta de Funcionamiento	Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado	Soldadura inadecuada	Desperdicio en piezas vecinas		Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas
<b>0. Grúa Puente</b>																														
<b>0.1 Carro</b>																														
G 01 101	Reductor de elevación	Elevar los rollos de alambón	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	MA	1	
G 01 102	Reductor de movimiento	Mover el carro a de la grúa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	MA	1	
G 01 103	Tambor	Enrollar el cable				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	3	
G 01 104	Cable	Transmitir la fuerza de elevación				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	MA	B 1	
G 01 105	Pasteca	Llevar el gancho para sujetar los rollos				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	10	
G 01 106	Gancho para elevar rollos	Sujetar los rollos para levantarlos				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	10	
<b>0.2 Testeras</b>																														
G 01 201	Ruedas	Mover el puente a lo largo de la nave	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	MA	M 1	
G 01 202	Motoredutores del puente	Dar la potencia para mover el puente	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	3	
G 01 203	Estructura metálica	Contener las ruedas y los motorreductores				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	MA	M 1	
<b>0.3 Puente</b>																														
G 01 301	Láminas	Sujetar el carro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	MA	M 1
G 01 302	Tornillos	Sujetar el puente a las testeras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	MA	B 1
<b>0.4 Estructura</b>																														
G 01 401	Rieles	Estructura del conjunto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	MA	M 1
G 01 402	Columnas	Estructura del conjunto				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	MA	M 1

Código	Componente	Función	Fallas Funcionales											Modos de Falla							Consecuencias			Prioridad										
			Falta de Funcionamiento	Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado		Soldadura inadecuada	Desperfecto en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas	De seguridad	No operacionales		
<b>1. Trefiladora # 1</b>																																		
<b>1.1 Decapado mecánico</b>																																		
T 00 101	Rodillos	Aplicar tensión al alambón		X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	B	10
T 00 102	Cepillo de alambre	Eliminar el óxido del alambón			X	X									X														B	B	B	10		
T 00 103	Rodillos en caja	Aplicar tensión al alambón		X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	B	10		
<b>1.2 Tren motriz</b>																																		
T 00 201	Motor	Generar el movimiento necesario	X	X					X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	B	A	3		
T 00 202	Polea de motor	Transmitir la potencia del motor		X	X						X				X														B	B	B	10		
T 00 203	Faja	Transmitir la potencia del motor		X	X										X													B	B	B	10			
T 00 204	Polea de reductor	Transmitir la potencia del motor		X	X						X				X													B	B	B	10			
T 00 205	Reductor	Transmitir la potencia del motor			X	X	X				X			X														MA	MA	MA	1			
T 00 206	Acople	Unir al reductor con el eje principal		X	X						X				X													M	M	M	8			
T 00 207	Eje # 1	Transmitir el movimiento del motor		X	X						X				X													A	M	M	4			
T 00 208	Acople entre ejes	Unir ambos ejes de la máquina		X	X						X				X													A	M	B	4			
T 00 209	Eje # 2	Transmitir el movimiento del motor		X	X						X				X													A	M	M	3			
T 00 210	Engranajes hipocoidales del eje	Transmitir el movimiento del motor		X	X						X				X													A	A	A	2			
T 00 211	Cojinetes del eje	Minimizar la fricción de los ejes		X	X						X				X													A	A	M	2			
<b>1.3 Bobinas</b>																																		
T 00 301	Eje de bobina	Hacer girar la bobina		X	X	X					X				X													A	M	M	4			
T 00 302	Cojinetes de eje de bobina	Minimizar la fricción del eje de la bobina		X	X						X				X													A	M	M	4			
T 00 303	Engranajes del eje de la bobina	Mover las bobinas		X	X						X				X													A	A	A	2			



Codigo	Componente	Función	Fallos Funcionales											Modos de Falla							Consecuencias			Prioridad												
			Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado	Soldadura inadecuada		Desperfecto en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas	De seguridad	No operacionales					
<b>1.6 Enfriamiento</b>																																				
T 00 504	Desague de agua de dados	Evacuar el agua caliente	X	X																												B	A	B	10	
T 00 505	Desague de agua de bobinas	Evacuar el agua caliente			X	X																										B	B	B	10	
T 00 506	Llave de paso para suministro de agua	Aislar el paso de agua de enfriamiento	X		X	X																										B	B	B	10	
T 00 507	Sellos	Evitar la contaminación del aceite	X		X	X	X																									B	A	B	6	
<b>1.7 Grúa de Máquina</b>																																				
T 00 601	Puente	Formar la estructura de la grúa individual			X	X	X																									M	A	MA	B	1
T 00 602	Motorreductor	Elevar las cargas requeridas	X	X	X	X		X																								A	A	A	3	
T 00 603	Cadena	Transmitir la fuerza de elevación a la bobina					X																									B	MA	B	1	
T 00 604	Pasteca	Llevar el gancho			X	X	X	X																								B	B	B	10	
T 00 605	Gancho	Levantar los rollos de alambre trellado				X	X																									B	B	B	10	
T 00 606	Canasta	Contener los rollos de alambre trellado				X	X																									B	A	A	B	2
<b>1.8 Dead Block</b>																																				
T 00 701	Motor de corriente directa	Mover el dead block	X		X	X		X																								A	A	A	3	
T 00 702	Polea de motor	Transmitir la potencia del motor al reductor			X	X	X																										B	B	B	10
T 00 703	Faja	Transmitir la potencia del motor al reductor			X	X																											B	B	B	10
T 00 704	Polea de reductor	Transmitir la potencia del motor al reductor			X	X	X																										B	B	B	10
T 00 705	Eje	Transmitir la potencia del motor al reductor			X	X	X																										A	M	M	4
T 00 706	Cojinetes	Minimizar la fricción del eje			X	X																											A	M	M	4
T 00 707	Caja de engranajes	Transmitir la potencia del motor	X	X	X	X	X																										A	A	A	3
T 00 708	Carcasa	Enrollar el alambre trellado			X	X																											M	M	M	7
T 00 709	Rodillos	Modificar la dirección del alambre trellado			X	X																											B	B	B	10



**Sección de Trefilación**  
**Tareas programadas de mantenimiento**

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>Grúa Puente</b>																
<b>Carro</b>																
		G 01 101	Reductor de elevación	1D	1S			1M	3M		1A					SR
		G 01 102	Reductor de movimiento	1D	1S			1M	3M		1A					SR
		G 01 103	Tambor		1M		1S						SR	SR	SR	
		G 01 104	Cable		1S		1S							SR	SR	
		G 01 105	Pasteca		2S		3D						SR	SR	SR	
		G 01 106	Gancho para elevar rollos		2S									SR		
<b>Testera</b>																
		G 01 201	Ruedas		1S		1S						SR	SR		
		G 01 202	Motoreductores de movimiento de puente	1D	1S			1M			1A					1A
		G 01 203	Estructura metálica		1S											SR
<b>Puente</b>																
		G 01 301	Láminas		2S											SR
		G 01 302	Tornillos		1M							1M		SR		
<b>Estructura</b>																
		G 01 401	Rieles		1M									SR		
		G 01 402	Columnas		1M											SR

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general	
Trefiladora # 1	Decapado mecánico																
		T 00 101	Rodillos		2S		1S						SR	SR			
		T 00 102	Cepillo de alambre		2S										SR		
		T 00 103	Rodillos en caja		2S		1S						SR	SR			
		<b>Tren motriz</b>															
		T 00 201	Motor	1D			3D			2S					SR	2A	
		T 00 202	Polea de motor		2S								SR	SR			
		T 00 203	Faja		2S									SR			
		T 00 204	Polea de reductor		2S								SR	SR			
		T 00 205	Reductor		2S				3M	2S	SR					2A	
		T 00 206	Acople		2S									SR	SR	2A	
		T 00 207	Eje # 1		2S											2A	
		T 00 208	Acople entre ejes		2S											2A	
		T 00 209	Eje # 2		2S											2A	
		T 00 210	Engranés cónico-helicoidales del eje		2S											2A	
		T 00 211	Cojinetes del eje		2S											2A	
		<b>Bobinas</b>															
		T 00 301	Eje de bobina		2S											2A	
		T 00 302	Cojinetes de eje de bobina		2S											2A	
		T 00 303	Engranés del eje de la bobina		2S											2A	
		T 00 304	Bujes de bronce		2S											2A	
		T 00 305	Embrague de bobina		2S	SR										2A	



Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
		<b>Grúa de Máquina</b>														
		T 00 601	Puente		2S								SR			SR
		T 00 602	Motorreductor		1M						1A				SR	2A
		T 00 603	Cadena		1M									SR		
		T 00 604	Pasteca		1M								SR	SR	SR	
		T 00 605	Gancho		1M									SR		
		T 00 606	Canasta		1M									SR		
		<b>Dead Block</b>														
		T 00 701	Motor de corriente directa	1D			1S								SR	1A
		T 00 702	Polea de motor		2S								SR	SR	SR	
		T 00 703	Faja		2S									SR		
		T 00 704	Polea de reductor		2S								SR	SR	SR	
		T 00 705	Eje		2S											2A
		T 00 706	Cojinetes		2S		1S									2A
		T 00 707	Caja de engranajes		2S						1A					2A
		T 00 708	Carcaza		2S								SR	SR		
		T 00 709	Rodillos		2S		1S						SR	SR		
		T 00 710	Motoventilador # 1	1D	2S		1S									2A
		T 00 711	Motoventilador # 2	1D	2S		1S									2A
		T 00 712	Mangueras de enfriamiento		2S									SR		
		T 00 713	Cilindro hidraulico		2S										SR	1A
		T 00 714	Cadena		2S									SR		
		T 00 715	Gancho		2S									SR		

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>Sacapuntas</b>																
		SA 00 101	Motor		2S		1S									SR
		SA 00 102	Polea motor		2S								SR	SR		SR
		SA 00 103	Faja		2S								SR	SR		SR
		SA 00 104	Polea		2S								SR	SR		SR
		SA 00 105	Eje		2S								SR	SR		SR
		SA 00 106	Rodillos		2S		2S						SR	SR		SR
<b>Máquinas soldadoras</b>																
		SO 00 101	Máquina soldadora		2S										SR	SR
<b>Sistema de enfriamiento</b>																
		TE 00 101	<b>Torre de enfriamiento</b>		2S											SR
<b>Bombeo</b>																
		B 00 101	Motor para bomba de suministro # 1		1S		1S							SR		SR
		B 00 102	Acople		1S									SR		
		B 00 103	Bomba de suministro # 1		1S		1S							SR		1S
		B 00 104	Motor para bomba de suministro # 2		1S		1S							SR		SR
		B 00 105	Acople		1S									SR		
		B 00 106	Bomba de suministro # 2		1S		1S							SR		1S
		B 00 107	Motor para bomba de retorno		1S		1S							SR		SR
		B 00 108	Acople		1S									SR		
		B 00 109	Bomba de retorno # 3		1S		1S									1S

**Sección de Clavo**  
**Análisis de falla de los equipos**

Código	Componente	Función	Fallas Funcionales											Modos de Falla							Consecuencias			Prioridad					
			Falta de Funcionamiento	Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado		Soldadura inadecuada	Falla en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales
<b>1. Máquina de Clavo</b>																													
<b>1.01 Motor</b>																													
C 00 101	Motor	Generar el movimiento necesario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	M	2
C 00 102	Polea del motor	Transmitir la potencia del motor				X	X																				B	B	5
C 00 103	Faja	Transmitir la potencia del motor				X	X																				B	B	5
<b>1.02 Arbol cigüeñal</b>																													
C 00 201	Polea	Transmitir la potencia del motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	B	B	5
C 00 202	Disco	Embragar la máquina				X	X																				M	M	3
C 00 203	Volante	Regular las variaciones de velocidad				X	X																				M	M	3
C 00 204	Chumaceras	Disminuir la fricción				X	X																				M	M	4
C 00 205	Engrane cónico derecho	Transmitir la potencia al eje derecho	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	1
C 00 206	Engrane cónico izquierdo	Transmitir la potencia al eje izquierdo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	1
C 00 207	Cigüeñal	Transmitir la potencia al portamarfillo				X	X																				A	A	1



Código	Componente	Función	Fallas Funcionales											Modos de Falla							Consecuencias			Prioridad								
			Falta de Funcionamiento	Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado		Soldadura inadecuada	Falla en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas	De seguridad	No operacionales
1.06	Carro portamartillo	Movilizar el martillo	X	X	X	X	X	X										X	X	X										M	M	3
1.07	Porta punzón	Movilizar el punzón	X	X	X	X	X	X										X	X	X										M	M	3
1.08	Palanca de presión	Transmitir movimiento a la prensa	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										A	M	2
1.09	Bielas de cuchilla	Trasmitir el movimiento a las cuchillas	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										A	A	1
1.10	Carros portacuchilla	Soportar a las cuchillas	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	M	3
1.11	Guías del carro de alimentación	Soportar los mecanismos de alimentación	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	M	3
1.12	Carro de alimentación con portapunzón	Alimentar alambre	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	M	3
1.13	Palanca y barra de alimentación	Transmitir el movimiento para la alimentación	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	M	3
1.14	Desenganchado	Desenganchar el alambre	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	M	3
1.15	Eyector de arriba	Expulsar los clavos	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X										M	M	3
1.16	Eyector de abajo	Expulsar los clavos	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	B	4
1.17	Grupo enderezador	Enderezar la punta final del alambre	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X										M	M	3

Código	Componente	Función	Fallas Funcionales											Modos de Falla								Consecuencias		Prioridad										
			Falta de Funcionamiento	Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado		Soldadura inadecuada	Falla en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas	De seguridad	No operacionales		
<b>16. Pulidora</b>																																		
<b>16.01 Tren motriz</b>																																		
P 00 101	Motor	Generar el movimiento necesario	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M	M	3		
P 00 102	Polea motor	Transmitir el movimiento del motor				X	X							X		X	X	X												B	B	5		
P 00 103	Faja	Transmitir el movimiento del motor				X	X									X	X	X												B	B	5		
P 00 104	Polea de eje direccional	Transmitir el movimiento del motor				X	X						X			X	X	X												B	B	5		
P 00 105	Eje transmisor	Transmitir el movimiento				X	X	X								X	X	X	X											M	M	3		
P 00 106	Chumacera de eje transmisor	Disminuir la fricción				X	X	X					X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M	M	3		
P 00 107	Engranajes rectos	Transmitir el movimiento				X	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M	A	2		
P 00 108	Eje receptor	Transmitir el movimiento				X	X	X								X	X	X	X											M	M	3		
P 00 109	Chumacera de eje receptor	Disminuir la fricción				X	X	X					X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M	M	3		
P 00 110	Tambor	Contener los clavos y el aserrín				X							X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A	A	1		



**Sección de Clavo**  
**Tareas programadas de mantenimiento**

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1. Máquina de Clavo</b>																
<b>1.01 Motor</b>																
		C 00 101	Motor	1D	3M		1S								SR	SR
		C 00 102	Polea del motor		1S								SR	SR	SR	
		C 00 103	Faja		1S									SR		
<b>1.02 Arbol cigüeñal</b>																
		C 00 201	Polea		1S								SR	SR	SR	
		C 00 202	Disco		1S								SR	SR	SR	
		C 00 203	Volante		1S								SR		SR	
		C 00 204	Chumaceras		1S		1D							SR		SR
		C 00 205	Engrane cónico derecho		1S		1T							SR	SR	SR
		C 00 206	Engrane cónico izquierdo		1S		1T							SR	SR	SR
		C 00 207	Cigüeñal		1S		1D						SR	SR	SR	SR
<b>1.03 Arbol lateral derecho</b>																
		C 00 301	Chumaceras		1S		1D							SR		SR
		C 00 302	Excéntrica para desenganchar		1S								SR	SR	SR	SR
		C 00 303	Excéntrica para cortar		1S								SR	SR	SR	SR
		C 00 304	Engrane cónico		1S		1T							SR	SR	SR

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general	
1.04	Arbol lateral izquierdo	C 00 401	Chumaceras		1S		1D							SR		SR	
		C 00 402	Excéntrica para eyección		1S									SR	SR	SR	SR
		C 00 403	Excéntrica para presión		1S									SR	SR	SR	SR
		C 00 404	Engrane cónico		1S			1T							SR	SR	SR
1.05	Biela	C 00 501	Biela		1S								SR	SR	SR	SR	
		C 00 502	Buje		1S		1D							SR		SR	
		C 00 503	Tapadera		1S									SR	SR	SR	SR
		C 00 504	Tornillos de alargamiento		1S										SR		
1.06	Carro portamartillo			1S									SR	SR	SR	SR	
1.07	Porta punzón			1S									SR	SR	SR	SR	
1.08	Palanca de presión			1S									SR	SR	SR	SR	
1.09	Bielas de cuchilla			1S									SR	SR	SR	SR	
1.10	Carros portacuchilla			1S									SR	SR	SR	SR	
1.11	Guías del carro de alimentación			1S									SR	SR	SR	SR	
1.12	Carro de alimentación con portapunzón			1S									SR	SR	SR	SR	
1.13	Palanca y barra de alimentación			1S									SR	SR	SR	SR	
1.14	Desenganchado			1S									SR	SR	SR	SR	
1.15	Eyector de arriba			1S									SR	SR	SR	SR	
1.16	Eyector de abajo			1S									SR	SR	SR	SR	
1.17	Grupo enderezador			1S									SR	SR	SR	SR	

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>16. Pulidora</b>																
<b>16.01 Tren motriz</b>																
		P 00 101	Motor	1D	3M		1S								SR	SR
		P 00 102	Polea motor		2S								SR	SR	SR	
		P 00 103	Faja		2S									SR		
		P 00 104	Polea de eje direccional		2S								SR	SR	SR	
		P 00 105	Eje transmisor		2S								SR	SR	SR	
		P 00 106	Chumacera de eje transmisor		2S		1D							SR	SR	SR
		P 00 107	Engranajes rectos		2S		1D						SR	SR	SR	SR
		P 00 108	Eje receptor		2S								SR	SR	SR	
		P 00 109	Chumacera de eje receptor		2S		1D						SR	SR	SR	SR
		P 00 110	Tambor		2S											
<b>16.02 Sacudidoras</b>																
		SC 00 101	Motor	1D	3M		1S							SR	SR	SR
		SC 00 102	Polea del motor		2S								SR	SR	SR	
		SC 00 103	Faja		2S									SR		
		SC 00 104	Polea del eje		2S								SR	SR	SR	
		SC 00 105	Eje		2S								SR	SR	SR	
		SC 00 106	Chumacera		2S		1D							SR		SR
		SC 00 107	Excéntrica		2S								SR	SR	SR	SR
		SC 00 108	Sacudidor		2S									SR	SR	SR



Código	Componente	Función	Fallas Funcionales										Modos de Falla							Consecuencias		Prioridad							
			Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación		Material inadecuado	Soldadura inadecuada	Desperfecto en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas
<b>Suministro de Alambre</b>																													
G MT 101	Canastas	Contener los rollos de alambre	X	X	X	X							X	X		X										B		M	4
G MT 102	Poleas de dirección	Dirigir el alambre	X	X									X													B		B	5
G MT 103	Estructura para poleas	Sostener las poleas	X	X																						B		B	5
G MT 104	Tubos de dirección	Dirigir el alambre	X	X																						B		B	5
G MT 105	Estructura de soporte de tubos	Sostener los tubos	X	X																						B		B	5
G MT 106	Peineta de dirección	Dirigir el alambre	X	X																						B		B	5
G MT 107	Varilla de dirección	Dirigir el alambre	X	X																						B		B	5
G MT 108	Rejilla de dirección	Dirigir el alambre	X	X																						B		B	5
<b>Horno de Recoccido</b>																													
G HR 101	Refractario	Proteger la lámina	X	X									X													A		A	2
G HR 102	Tubería	Evacuar gases	X	X									X													M		M	3
G HR 103	Estructura	Soportar la tubería	X	X																						M		M	3
G HR 104	Tanque principal de diesel	Contener el diesel	X	X																						A		A	2
G HR 105	Bomba	Llena tanque de diesel	X										X													A		M	2
G HR 106	Tubería principal	Lleva diesel hacia tanque secundario	X	X																						M		M	3
G HR 107	Tanque secundario de diesel	Contener el diesel	X	X																						A		A	2



Código	Componente	Función	Fallas Funcionales											Modos de Falla											Consecuencias			Prioridad							
			Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado	Soldadura inadecuada	Desperfecto en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales		Ocultas	De seguridad	No operacionales				
G T2 103	Estructura para campana extractora	Sostiene la campana	X			X	X		X						X	X																	B	A	2
G T2 104	Guía de alambre a la salida del tanque	Dirigir el alambre	X	X	X	X											X															B	B	5	
<b>Tanque de Agua # 2</b>																																			
G T3 101	Peineta guía	Dirigir el alambre	X	X	X	X								X	X	X																B	B	5	
G T3 102	Rodillo Sumergidor de alambre	Introduce el alambre al tanque	X	X										X	X	X																B	A	2	
G T3 104	Rodillo	Guía la salida del alambre del tanque	X	X										X	X	X																B	A	2	
G T3 106	Peineta guía	Dirigir el alambre	X	X	X	X								X	X	X																B	B	5	
<b>Tanque de fundente</b>																																			
G T4 101	Peineta guía de entrada	Dirigir el alambre	X	X	X	X								X	X	X																B	B	5	
G T4 102	Rodillo de entrada	Introduce el alambre al tanque	X	X										X	X	X																B	A	2	
G T4 104	Rodillo sumergidor	Introduce el alambre al tanque	X	X										X	X	X																B	A	2	
G T4 106	Peineta guía de salida	Dirigir el alambre	X	X	X	X								X	X	X																B	B	5	
<b>Camara de secado</b>																																			
G CS 101	Loseta refractaria	Soportar el calor de los gases	X	X										X	X	X																B	A	4	
G CS 102	Ladrillo resistente al ácido	Resistir las caldías de ácido	X	X										X	X	X																B	A	4	
G CS 105	Peineta	Dirigir el alambre	X	X	X	X								X	X	X																B	B	5	



Código	Componente	Función	Fallas Funcionales											Modos de Falla							Consecuencias		Prioridad									
			Falta de Funcionamiento	Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación		Material inadecuado	Soldadura inadecuada	Desperfecto en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas	De seguridad	No operacionales
<b>Embobinadoras</b>																																
<b>Tren Motriz</b>																																
GE 00 101	Motor	Generar la tracción para el proceso	X		X					X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	3
GE 00 102	Reductor con velocidad regulable	Transmitir la potencia		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	2
GE 00 103	Eje principal	Transmitir la potencia		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	2
GE 00 104	Cojinetes de eje principal	Disminuir la fricción		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	2
GE 00 105	Engranajes	Transmitir la potencia		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	2
<b>Embobinado</b>																																
GE 00 201	Peineta de dirección	Dirigir el alambre		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	5
GE 00 202	Poleas de dirección primarias	Dirigir el alambre		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	5
GE 00 203	Estructura de poleas primarias	Sostener las poleas		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	5
GE 00 204	Poleas de dirección secundarias	Dirigir el alambre		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	5
GE 00 205	Estructura de poleas secundarias	Sostener las poleas		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	5
GE 00 206	Chumaceras de poleas secundarias	Disminuir la fricción		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	5
GE 00 207	Engranajes de ejes de bobinas	Transmitir la potencia		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	2
GE 00 208	Eje de bobinas	Transmitir la potencia		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	3
GE 00 209	Cojinetes de bobinas	Disminuir la fricción		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				M	M	2
GE 00 210	Bobinas	Enrollar el alambre galvanizado		X	X	X	X				X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				B	B	4



Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>Suministro de Alambre</b>																
		G MT 101	Canastas		1S									SR	SR	
		G MT 102	Poleas de dirección		1S								SR	SR	SR	
		G MT 103	Estructura para poleas		1S										SR	
		G MT 104	Tubos de dirección		1S								SR	SR	SR	
		G MT 105	Estructura de soporte de tubos		1S										SR	
		G MT 106	Peineta de dirección		1S										SR	
		G MT 107	Varilla de dirección		1S										SR	
		G MT 108	Rejilla de dirección		1S										SR	
<b>Horno de Recocido</b>																
		G HR 101	Refractario		1M									SR	SR	SR
		G HR 102	Tubería		1S									SR		
		G HR 103	Estructura		1S										SR	
		G HR 104	Tanque principal de diesel		1S										SR	SR
		G HR 105	Bomba	1D	1S									SR	SR	
		G HR 106	Tubería principal		1S									SR	SR	
		G HR 107	Tanque secundario de diesel		1S										SR	
		G HR 108	Bomba	1D	1S									SR	SR	







Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>Embobinado</b>																
		GE 00 201	Peineta de dirección		1S										SR	
		GE 00 202	Poleas de dirección primarias		1S		1S						SR	SR	SR	SR
		GE 00 203	Estructura de poleas primarias		1S										SR	
		GE 00 204	Poleas de dirección secundarias		1S		1S						SR	SR	SR	SR
		GE 00 205	Estructura de poleas secundarias		1S										SR	
		GE 00 206	Chumaceras de poleas secundarias		1S		1S							SR		
		GE 00 207	Engranajes de ejes de bobinas		1S											2A
		GE 00 208	Eje de bobinas		1S											2A
		GE 00 209	Cojinetes de bobinas		1S		1S									2A
		GE 00 210	Bobinas		1S								SR	SR	SR	SR











Código	Componente	Función	Fallos Funcionales											Modos de Falla								Consecuencias		Prioridad							
			Ruido	Humo	Desgaste excesivo	Ruptura	Deformación	Desajuste	Corrosión	Fricción excesiva	Desalineación	Alta Temperatura	Baja Potencia	Vibración Excesiva	Operación inadecuada	Uso Prolongado	Instalación incorrecta	Desgaste	Sobrecarga	Lubricación inadecuada	Contaminación	Material inadecuado	Soldadura inadecuada		Fallas en piezas vecinas	Falla de Cojinetes	Sobrevoltajes	Operacionales	Ocultas	De seguridad	No operacionales
<b>1.08 Mecanismo de Freno</b>																															
E 00 807	Roseta tensadora del alambre	Enrolla el alambre espigado	X	X						X							X	X	X										B	B	5
E 00 808	Tambor	Ejerce fricción de frenado	X	X													X	X	X										M	A	2
E 00 809	Zapata	Ejerce fricción de frenado	X	X													X	X	X										M	M	3
<b>1.09 Mecanismo de embobinado</b>																															
E 00 901	Chumaceras	Disminuir la fricción del eje	X	X	X	X				X			X					X	X	X									M	M	3
E 00 902	Buje	Disminuir la fricción del eje	X	X	X	X				X			X					X	X	X									M	M	3
E 00 903	Estructura embobinadora	Sostener el mecanismo de embobinado	X	X	X	X																							A	A	1
E 00 904	Polea de embobinadora	Transmitir la potencia para el embobinado	X	X								X						X	X	X									B	B	5
E 00 905	Cojinetes de polea embobinadora	Disminuir la fricción del eje	X	X						X	X	X						X	X	X									A	M	2
E 00 906	Faja	Transmitir la potencia para el embobinado	X	X														X	X	X									B	B	5
E 00 907	Rodillos	Dar dirección al alambre espigado	X	X								X						X	X	X									B	B	5
E 00 908	Roseta	Embobina	X	X						X								X	X	X									B	B	5
E 00 909	Eje	Sostiene el rollo de alambre espigado	X	X	X	X												X	X	X									M	M	3
E 00 910	Canasta embobinadora	Sostiene el rollo de alambre espigado	X	X	X	X												X	X	X									B	M	4
E 00 911	Buje	Disminuir la fricción del eje	X	X	X	X						X						X	X	X									M	M	3
E 00 912	Engranaje cónico	Transmitir la potencia para el embobinado	X	X	X	X												X	X	X									A	M	2
E 00 913	Buje	Disminuir la fricción del eje	X	X	X	X				X			X					X	X	X									M	M	3



**Sección de Espigado**  
**Tareas programadas de mantenimiento**

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1. Máquina de alambre espigado # 1</b>																
<b>1.01 Tren motriz</b>																
		E 00 101	Motor	1D	3M		1S								SR	SR 1A
		E 00 102	Polea del motor		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 103	Faja		1S									SR	SR	
		E 00 104	Polea del embrague		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 105	Embrague		1S									SR	SR	1A
		E 00 106	Palanca del embrague		1S									SR	SR	1A
		E 00 107	Eje principal # 1		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 108	Acople		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 109	Eje principal # 2		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 110	Polea # 2		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 111	Faja de la polea # 2		1S									SR	SR	
		E 00 112	Chumaceras del eje principal		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 113	Bujes		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 114	Polea # 3		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 115	Faja de la polea # 3		1S									SR	SR	

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1.02 Eje secundario</b>																
		E 00 201	Chumaceras		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 202	Polea del eje secundario		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 203	Engranajes cónicos		1S		1T						SR	SR	SR	1A
		E 00 204	Excéntrica # 1		1S		3D						SR	SR	SR	1A
		E 00 205	Excéntrica # 2		1S		3D						SR	SR	SR	1A
		E 00 206	Engranaje recto		1S		1D						SR	SR	SR	1A
<b>1.03 Mecanismo halador de alambre espigado</b>																
		E 00 301	Eje		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 302	Chumaceras		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 303	Bujes		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 304	Engranajes rectos		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 305	Engranajes cónicos		1S		1T						SR	SR	SR	1A
		E 00 306	Volante		2S								SR	SR	SR	
		E 00 307	Roseta		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 308	Leva		1S		3D						SR	SR	SR	1A
<b>1.04 Mecanismo de suministro de alambre principal</b>																
		E 00 401	Canastas		2S								SR		SR	SR
		E 00 402	Cruz de canastas		2S										SR	1A
		E 00 403	Poleas		1S								SR	SR	SR	1A

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1.04 Mecanismo de suministro de alambre principal</b>																
		E 00 404	Palanca		1S									SR	SR	1A
		E 00 405	Rodillos guía		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 406	Guías de entrada		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 407	Tuerca de ajuste de guía # 1		1S									SR		1A
<b>1.05 Mecanismo de enrollado de púa</b>																
		E 00 501	Biela		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 502	Manivela		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 503	Pin		1S									SR		
		E 00 504	Engrane recto parcial de manivela		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 505	Engrane recto		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 506	Pieza enrolladora		1S								SR	SR	SR	1A
<b>1.06 Mecanismo suministrador de alambre para púa</b>																
		E 00 601	Rodillos		1S		1T						SR	SR	SR	1A
		E 00 602	Poleas de dirección		1S		1D						SR	SR	SR	1A

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1.06 Mecanismo suministrador de alambre para púa</b>																
		E 00 603	Guía del alambre para púa		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 604	Eslabón		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 605	Manivela		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 606	Mecanismo de Rach		1S									SR	SR	1A
		E 00 607	Eje # 1		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 608	Chumacera		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 609	Buje		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 610	Engranajes cónicos		1S		1T						SR	SR	SR	1A
		E 00 611	Eje transmisor		1S									SR	SR	1A
		E 00 612	Eje # 2		1S									SR	SR	1A
		E 00 613	Engranaje recto fijo		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 614	Engranaje loco de dientes rectos		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 615	Rodillos		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 616	Resortes		1S									SR		1A
		E 00 617	Prensa		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 618	Palanca de la prensa		1S									SR	SR	1A
		E 00 619	Cuchillas guía		1D									SR	SR	1A

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1.07 Mecanismo cortador</b>																
		E 00 701	Engranaje cónico transmisor		1S		1T						SR	SR	SR	1A
		E 00 702	Chumaceras		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 703	Eje		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 704	Excéntrica		1S		3D						SR	SR	SR	1A
		E 00 705	Biela		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 706	Manivela		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 707	Portacuchillas		1S									SR	SR	1A
		E 00 708	Chumaceras de portacuchillas		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 709	Tuercas		1S									SR		1A
		E 00 710	Cuchillas		1D									SR		
<b>1.08 Mecanismo de Freno</b>																
		E 00 801	Perilla		1S									SR	SR	1A
		E 00 802	Rueda dentada		1S		1D							SR	SR	1A
		E 00 803	Cable del freno		1S		2S							SR	SR	1A
		E 00 804	Poleas		1S									SR	SR	1A
		E 00 805	Resortes tensores		1S									SR	SR	1A
		E 00 806	Eslabón		1S									SR	SR	1A
		E 00 807	Roseta tensora del alambre		1S		1S							SR	SR	1A
		E 00 808	Tambor		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 809	Zapata		1S									SR	SR	1A

Sección	Conjunto	Código	Componente	Revisión de funcionamiento	Inspección	Graduación	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Vibraciones	Cambio de aceite	Reapretar	Calzar	Cambio	Reparación	Reparación general
<b>1.09 Mecanismo de embobinado</b>																
		E 00 901	Chumaceras		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 902	Buje		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 903	Estructura embobinadora		1S										SR	1A
		E 00 904	Polea de embobinadora		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 905	Cojinetes de polea embobinadora		1S		1D							SR		1A
		E 00 906	Faja		1S									SR		
		E 00 907	Rodillos		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 908	Roseta		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 909	Eje		1S								SR	SR	SR	1A
		E 00 910	Canasta embobinadora		1S										SR	
		E 00 911	Buje		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 912	Engranaje cónico		1S		1T						SR	SR	SR	1A
		E 00 913	Buje		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 914	Piñones		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 915	Engranaje recto		1S		1D						SR	SR	SR	1A
		E 00 916	Placa		1S									SR		1A
		E 00 917	Corredera		1S									SR		1A

**Tabla No. 5**  
**Programa de Lubricación**

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>Sección de Trefilación</b>								
<b>Grúa Puente</b>								
<b>Carro</b>								
		G 01 101	Reductor de elevación		1M	3M	1A	Omala 220
		G 01 102	Reductor de movimiento		1M	3M	1A	Omala 220
		G 01 103	Tambor	1S				Alvania EP 2
		G 01 104	Cable	1S				Molub Alloy 909
		G 01 105	Pasteca	3D				Alvania EP 2
<b>Testera</b>								
		G 01 201	Ruedas	1S				Alvania EP 2
		G 01 202	Motoreductores de movimiento de puente		1M		1A	Omala 220
<b>Trefiladora</b>								
<b>Decapado mecánico</b>								
		T 00 101	Rodillos	1S				Alvania EP 2
		T 00 103	Rodillos en caja	1S				Alvania EP 2
<b>Tren motriz</b>								
		T 00 201	Motor	3D				Alvania EP 2
		T 00 205	Reductor			3M	SR	Omala 150

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>Bobinas</b>								
		T 00 311	Poleas superiores	1S				Alvania EP 2
<b>Lubricación</b>								
<b>Lubricación por inmersión</b>								
		T 00 405	Caja de lubricación		3M		SR	Omala 220
<b>Grúa de Máquina</b>								
		T 00 602	Motorreductor				1A	Omala 220
<b>Dead Block</b>								
		T 00 701	Motor de corriente directa	1S				Alvania EP 2
		T 00 706	Cojinetes	1S				Alvania EP 2
		T 00 707	Caja de engranajes				1A	Omala 220
		T 00 709	Rodillos	1S				Alvania EP 2
		T 00 710	Motoventilador # 1	1S				Alvania EP 2
		T 00 711	Motoventilador # 2	1S				Alvania EP 2
<b>Sacapuntas</b>								
		SA 00 101	Motor	1S				Alvania EP 2
		SA 00 106	Rodillos	2S				Alvania EP 2
<b>Bombeo</b>								
		B 00 101	Motor para bomba de suministro # 1	1S				Alvania EP 2
		B 00 103	Bomba de suministro # 1	1S				Spirax 90
		B 00 104	Motor para bomba de suministro # 2	1S				Alvania EP 2

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>Bombeo</b>								
		B 00 106	Bomba de suministro # 2	1S				Spirax 90
		B 00 107	Motor para bomba de retorno	1S				Alvania EP 2
		B 00 109	Bomba de retorno # 3	1S				Spirax 90
<b>Sección de Clavo</b>								
<b>Máquinas de clavo</b>								
<b>1.01 Motor</b>								
		C 00 101	Motor	1S				Alvania EP 2
<b>1.02 Arbol cigüeñal</b>								
		C 00 204	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		C 00 205	Engrane cónico derecho	1T				MA EA
		C 00 206	Engrane cónico izquierdo	1T				MA EA
		C 00 207	Cigüeñal	1D				Alvania EP 2
<b>1.03 Arbol lateral derecho</b>								
		C 00 301	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		C 00 304	Engrane cónico	1T				MA EA
<b>1.04 Arbol lateral izquierdo</b>								
		C 00 401	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		C 00 404	Engrane cónico	1T				MA EA
<b>1.05 Biela</b>								
		C 00 502	Buje	1D				Alvania EP 2

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>16. Pujidora</b>								
<b>16.01 Tren motriz</b>								
		P 00 101	Motor	1S				Alvania EP 2
		P 00 106	Chumacera de eje transmisor	1D				Alvania EP 2
		P 00 107	Engranajes rectos	1D				MA EA
		P 00 109	Chumacera de eje receptor	1D				Alvania EP 2
<b>16.02 Sacudidoras</b>								
		SC 00 101	Motor	1S				Alvania EP 2
		SC 00 106	Chumacera	1D				Alvania EP 2
<b>Sección de Alambre Espigado</b>								
<b>1. Máquina de alambre espigado</b>								
<b>1.01 Tren motriz</b>								
		E 00 101	Motor	1S				Alvania EP 2
		E 00 112	Chumaceras del eje principal	1D				Alvania EP 2
		E 00 113	Bujes	1D				Alvania EP 2
<b>1.02 Eje secundario</b>								
		E 00 201	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		E 00 203	Engranajes cónicos	1T				MA EA
		E 00 204	Excéntrica # 1	3D				Alvania EP 2
		E 00 205	Excéntrica # 2	3D				Alvania EP 2
		E 00 206	Engranaje recto	1D				MA EA

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>1.03 Mecanismo halador de alambre espigado</b>								
		E 00 302	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		E 00 303	Bujes	1D				Alvania EP 2
		E 00 304	Engranajes rectos	1D				MA EA
		E 00 305	Engranajes cónicos	1T				MA EA
		E 00 307	Roseta	1D				Alvania EP 2
		E 00 308	Leva	3D				Alvania EP 2
<b>1.04 Mecanismo de suministro de alambre principal</b>								
		E 00 403	Poleas	1D				Alvania EP 2
<b>1.05 Mecanismo de enrollado de púa</b>								
		E 00 501	Bieleta	1D				Alvania EP 2
		E 00 504	Engrane recto parcial de manivela	1D				MA EA
		E 00 505	Engrane recto	1D				MA EA
<b>1.06 Mecanismo sumintrador de alambre para púa</b>								
		E 00 601	Rodillos	1T				Alvania EP 2
		E 00 602	Poleas de dirección	1D				Alvania EP 2
		E 00 608	Chumacera	1D				Alvania EP 2
		E 00 609	Buje	1D				Alvania EP 2
		E 00 610	Engranajes cónicos	1T				MA EA
		E 00 613	Engranaje recto fijo	1D				MA EA
		E 00 614	Engranaje loco de dientes rectos	1D				MA EA
		E 00 615	Rodillos	1D				Alvania EP 2

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>1.07 Mecanismo cortador</b>								
		E 00 701	Engranaje cónico transmisor	1T				MA EA
		E 00 702	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		E 00 704	Excéntrica	3D				Alvania EP 2
		E 00 705	Biela	1D				Alvania EP 2
		E 00 708	Chumaceras de portacuchillas	1D				Alvania EP 2
<b>1.08 Mecanismo de Freno</b>								
		E 00 802	Rueda dentada	1D				MA EA
		E 00 807	Roseta tensadora del alambre	1S				Alvania EP 2
<b>1.09 Mecanismo de embobinado</b>								
		E 00 901	Chumaceras	1D				Alvania EP 2
		E 00 902	Buje	1D				Alvania EP 2
		E 00 904	Polea de embobinadora	1D				Alvania EP 2
		E 00 905	Cojinetes de polea embobinadora	1D				Alvania EP 2
		E 00 907	Rodillos	1D				Alvania EP 2
		E 00 908	Roseta	1D				Alvania EP 2
		E 00 911	Buje	1D				Alvania EP 2
		E 00 912	Engranaje cónico	1T				MA EA
		E 00 913	Buje	1D				Alvania EP 2
		E 00 914	Piñones	1D				MA EA
		E 00 915	Engranaje recto	1D				MA EA

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Analisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>Grúa Puente</b>								
<b>Carro</b>								
		G GP 101	Reductor de elevación		1M	3M	1A	Omala 220
		G GP 102	Reductor de movimiento		1M	3M	1A	Omala 220
		G GP 103	Cable	1S				Molub Alloy 909
		G GP 104	Pasteca	3D				Alvania EP 2
<b>Testera</b>								
		G GP 201	Ruedas	1S				Alvania EP 2
		G GP 202	Reductores de movimiento de puente		1M		1A	Omala 220
<b>Tanque de Agua # 1</b>								
		G T1 102	Rodillo a la entrada del tanque	1S				Alvania EP 2
		G T1 104	Rodillo sumergidor de alambre	1S				Alvania EP 2
		G T1 106	Rodillo a la salida del tanque	1S				Alvania EP 2
<b>Tanque de HCl</b>								
		G T2 101	Sumergidor de alambre	1S				Alvania EP 2
<b>Tanque de Agua # 2</b>								
		G T3 102	Rodillo Sumergidor de alambre	1S				Alvania EP 2
		G T3 104	Rodillo	1S				Alvania EP 2
<b>Tanque de fundente</b>								
		G T4 102	Rodillo de entrada	1S				Alvania EP 2
		G T4 104	Rodillo sumergidor	1S				Alvania EP 2

Sección	Conjunto	Código	Componente	Lubricación	Revisión de niveles	Análisis de aceite	Cambio de aceite	Lubricante
<b>Embobinadoras</b>								
<b>Tren Motriz</b>								
		GE 00 101	Motor	3D				Alvania EP 2
		GE 00 102	Reductor con velocidad regulable			3M		Omala 220
<b>Embobinado</b>								
		GE 00 202	Poleas de dirección primarias	1S				Alvania EP 2
		GE 00 204	Poleas de dirección secundarias	1S				Alvania EP 2
		GE 00 206	Chumaceras de poleas secundarias	1S				Alvania EP 2
		GE 00 209	Cojinetes de bobinas	1S				Alvania EP 2

## V. Recomendaciones

A. La implementación del programa de mantenimiento preventivo aquí presentado es un proceso continuo que requiere entre uno y dos años para llevarse a cabo. Como primer paso, se debe entrenar a todo el personal, de mantenimiento y producción, para que cuenten con la capacidad necesaria para ejecutar satisfactoriamente las tareas que se les encomienden.

B. Es indispensable la formación de grupos de trabajo que discutan constantemente las posibles modificaciones que pueden llevarse a cabo para que el proceso de implementación cuente con la retroalimentación necesaria para mejorar continuamente.

C. La planificación de las tareas de mantenimiento debe ser responsabilidad del jefe de mantenimiento, pero la calendarización de las mismas debe ser hecha conjuntamente por el jefe de la planta y el jefe de mantenimiento para que se distorbe en la menor proporción posible la producción.

D. Por ningún motivo debe olvidarse que los trabajadores del departamento de mantenimiento de esta planta han sido concebidos como elementos canalizadores de ideas de todo el personal. Las labores de mantenimiento deben ser ejecutadas tanto por personal de mantenimiento como de producción.

E. El departamento de mantenimiento ha sido concebido como un agente auxiliar de la jefatura de la planta, por lo que debe tratar de maximizar la producción de la misma, sin arriesgar innecesariamente la capacidad de producción de su maquinaria a mediano y largo plazo.

F. La utilización de computadoras para mantener los historiales de los equipos actualizados y crear los formatos de control de ejecución de tareas es altamente recomendado para facilitar las tareas del jefe de mantenimiento de la planta y permitirle de esta forma dedicar una mayor fracción de su tiempo a la supervisión cercana de las tareas que encomiende a otras personas.

G. El desempeño técnico del jefe de mantenimiento de la planta es igual de importante que el gerencial. Por ello, es necesario que éste calcule permanentemente los parámetros de control para conocer el rumbo que lleva el programa de mantenimiento en general.

## VI. Bibliografía

### A. Libros consultados

1. Avallone, E y Baumeister III, T. **Manual del ingeniero mecánico Marks**. Novena Edición. Editorial Mc Graw Hill, México. 1997.
2. **Catálogo general de rodamientos SKF**. Grupo SKF, Italia. 1989.
3. Deutschmann, A et all. **Diseño de máquinas**. Primera Edición. Editorial CECSA, México. 1998.
4. **Equipos industriales. Guía práctica de reparación y mantenimiento**. Editorial Mc Graw Hill, México. 1990.
5. **Manual de lubricación industrial**. Maraven, Venezuela. 1992
6. **Principios de lubricación**. Trittech. Tribología y mantenimiento predictivo.
7. **Manual de Mantenimiento Industrial**. Mc. Graw Hill. 1993
8. **Manual de Mantenimiento Industrial. Morrow**. CECSA. 1974.
9. **Manual Técnico de Lubricantes y Especialidades**. Shell Guatemala, S.A.

## B. Documentos de Internet

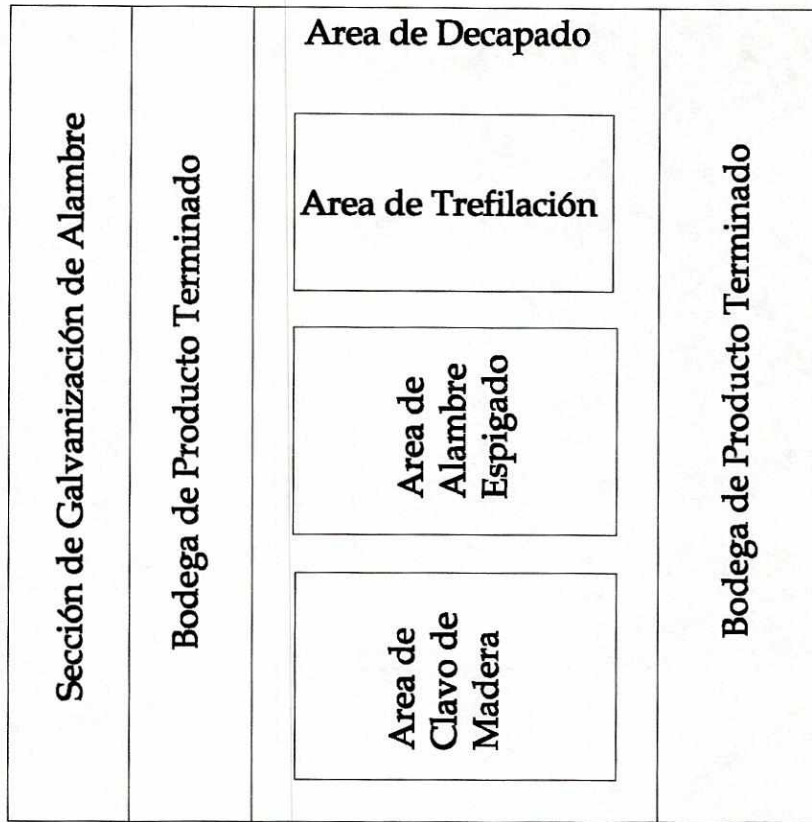
1. **Beyond most modern day strategies: Strategy indicators.**  
Cummings, G. Marcam Solutions, Inc. Service Plant Magazines.
2. **Breakthrough maintenance strategy for the 21<sup>st</sup> century.** Tesdahy, S  
y Tomlison, P. Marcam Solutions, Inc. Service Plant Magazines.  
<http://www.metal.ntua.gr/msslab/mine/T97/papers/TS06/TS06.html>
3. **Can maintenance measure up to business?** Steinbrink, J. Abril de  
1996. <http://www.impomag.com>
4. **Don't let equipment shut you down.** McQueen, G. Abril de 1998.  
<http://www.impomag.com>
5. **Equipment reliability is the fundamental requirement of plant performance.** Plant Services. Febrero de 1997.
6. **Integrating RCM with effective planning and scheduling.** Dunn, S.  
Plant Services. Febrero de 1997.
7. **Introduction to reliability centered maintenance.** Moulbray, J.
8. **Making PM really work for you.** Levitt, J.  
Management/making\_PM\_really\_work\_for\_you
9. **Maintenance Management – A new paradigm** – Moulbray, J.
10. **Proactive maintenance planing.** Marcam Solutions, Inc. Service Plant  
Magazines.

11. **Ratcheting up wrench time. Ten ways to boost productivity.** LePree, J. Octubre de 1996. <http://www.impomag.com>
12. **Reliability centered maintenance.** LePree, J. Abril de 1996. <http://www.impomag.com>
13. **Right on schedule.** McQueen, G. Noviembre de 1996. <http://www.impomag.com>
14. **Root cause failure analysis.** LePree, J. Septiembre de 1996. <http://www.impomag.com>
15. **Staying ahead of the game.** LePree, J. Noviembre de 1998. <http://www.impomag.com>
16. **Staying on target. Seven tips for reaching your maintenance goals.** McQueen, G. Octubre de 1998. <http://www.impomag.com>
17. **Total productive maintenance (TPM): some overlooked thoughts.** Marcam Solutions, Inc. Service Plant Magazines.
18. **TPM Online.** Enrique Mora

### **C. Manuales de máquinas utilizados**

1. **Instrucciones de Servicio y Descripción de la Prensa Rápida Wafios de Máxima Producción. Modelo S.** Wafios Maschinenfabrik.
2. **Instrucciones de Servicio y Descripción de la Máquina de Alambre de Púas.** Modelo H. Wafios Maschinenfabrik.

## Apéndice A



<b>Lay out de la Planta de Trefilación</b>	
<b>Guatemala, 23 de agosto de 1999</b>	<b>A.G.S.A.</b>
<b>Dibujó: L.R. de León</b>	<b>Sin escala</b>

